



TUGAS AKHIR - SF 141501

STUDI KARAKTERISTIK POLA HAMBURAN PANEL DIFUSER BERBAHAN BAKU CANGKANG KERANG DARAH (*Anadara granosa*)

DITA AULIA ALFIANTI
NRP 1112 100 026

Dosen Pembimbing I
Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Dosen Pembimbing II
Susilo Indrawati, M.Si

JURUSAN FISIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - SF 141501

**STUDI KARAKTERISTIK POLA HAMBURAN
PANEL DIFUSER BERBAHAN BAKU CANGKANG
KERANG DARAH (*Anadara granosa*)**

**Dita Aulia Alfianti
NRP 1112 100 026**

**Dosen Pembimbing I
Drs. Bachtera Indarto, M.Si**

**Dosen Pembimbing II
Susilo Indrawati, M.Si**

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - SF 141501

***CHARACTERISTICS STUDY OF SCATTERING
PATTERN FROM A DIFFUSER MADE OF BLOOD
SEASHELL (*Anadara granosa*)***

**Dita Aulia Alfianti
NRP 1112 100 026**

**Advisor I
Drs. Bachtera Indarto, M.Si**

**Advisor II
Susilo Indrawati, M.Si**

**Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

**STUDI KARAKTERISTIK POLA HAMBURAN
PANEL DIFUSER BERBAHAN BAKU CANGKANG
KERANG DARAH (*Anadara granosa*)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada
Bidang Fisika Instrumentasi Akustik
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

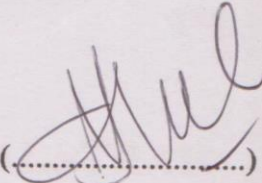
Dita Aulia Alfianti
NRP 1112100026

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Pembimbing I

Drs. Bachtera Indarto, M.Si

NIP. 19610404 199102.1.001

()

Pembimbing II

Susilo Indrawati, M.Si

NIP.1100201301001

()



Surabaya, Juli 2016

**STUDI KARAKTERISTIK POLA HAMBURAN PANEL
DIFUSER BERBAHAN BAKU CANGKANG KERANG
DARAH (*Anadara granosa*)**

Nama : Dita Aulia Alfianti
NRP : 1112100026
Jurusan : Fisika, FMIPA-ITS
Pembimbing I : Drs. Bachtera Indarto, M.Si
Pembimbing II : Susilo Indrawati, M.Si

Abstrak

Penelitian pola hamburan panel difuser berbahan baku cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai koefisien *scattering* difuser, serta menganalisa pengaruh variasi ukuran cangkang kerang terhadap pola hamburan yang dihasilkan. Proses pengukuran mengacu pada metode ISO 17497-1; pengukuran koefisien *scattering* pada *reverberation room*, dan ISO 17497-2; pengukuran pola hamburan pada medan bebas (*anechoic room*). Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini diketahui bahwa untuk sudut 0° nilai koefisien *scattering* yang paling maksimal adalah dengan menggunakan kerang berukuran sedang, untuk sudut 30° nilai koefisien *scattering* yang paling maksimal adalah dengan menggunakan kerang berukuran besar, dan untuk sudut 60° nilai koefisien *scattering* yang paling maksimal adalah dengan menggunakan kerang berukuran kecil. Pola hamburan ketiga difuser memiliki performa paling maksimal pada frekuensi 1000Hz, dan kurang sesuai pada frekuensi 250Hz. Difuser dengan kerang berukuran kecil memiliki nilai koefisien *scattering* (*s*) yang sesuai jika dibandingkan dengan kerang berukuran besar dan sedang.

Kata kunci : Kerang darah (*Anadara granosa*), koefisien *scattering*, pola hamburan

**CHARACTERISTICS STUDY OF SCATTERING PATTERN
FROM A DIFFUSER MADE OF BLOOD SEASHELL
(*Anadara granosa*)**

Name : Dita Aulia Alfianti
NRP : 1112100026
Major : Fisika, FMIPA-ITS
Advisor I : Drs. Bachtera Indarto, M.Si
Advisor II : Susilo Indrawati, M.Si

Abstract

*Research of scattering pattern from a diffuser made of blood seashell (*Anadara granosa*) has been done with the goal to find the scattering coefficient of diffuser, and also to analyze the scattering pattern made. The measuring process use the ISO 17497-1; measuring of a scattering coefficient on a reverberation room, and ISO 17497-2; measuring of scattering pattern on anechoic room. From the scattering coefficients' value, it's known that the maximum performance on 0° measurement angle is the small sized shell, on 30° measurement angle is the big sized shell, and on 60° measurement angle is the small sized shell. All three diffuser have good scattering pattern on 1000Hz frequency, and worst at 250Hz frequency. Overall, based of the scattering coefficient value and the scattering pattern, the maximum performance of diffuser is the small sized shell.*

Keywords: *Blood seashell (*Anadara granosa*), scattering coefficient, scattering pattern*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) dengan sebaik mungkin meskipun meskipun masih jauh dari kata sempurna karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan jalan dalam menuntun kami dari kebodohan menuju cahaya kebenaran.

Segala hal yang berkaitan dengan Tugas Akhir (TA) ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini ditulis dengan judul :

“Studi Karakteristik Pola Hamburan Panel Difuser Berbahan Baku Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)”

Selama proses pengerjaan tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh dukungan moril maupun materiil baik langsung maupun tidak langsung. Sehingga dengan terselesaikannya laporan tugas akhir ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, yaitu:

1. Ibu Saudah dan Bapak Bambang Subiyanto, selaku orang tua penulis, yang senantiasa mencurahkan segala perhatian dan kerja kerasnya untuk penulis,
2. Bapak Drs. Hasto Sunarno M.Sc, selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama perkuliahan,
3. Bapak Drs. Bachtera Indarto M.Si, selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan dukungan,
4. Ibu Susilo Indrawati M.Si, selaku dosen pembimbing rasa ibu, kakak, teman main, teman curhat dan masih banyak lagi rasa lainnya, yang selalu sabar menghadapi penulis dan tak bosan

mengajarkan dan membimbing penulis pada tugas akhir serta tugas lainnya,

5. Bapak Dr. Suyatno M.Si, yang selalu berbaik hati membagikan ilmunya kepada penulis, memberikan ide gila, membuat penulis belajar banyak hal dan menghibur penulis dengan candaannya yang khas,
6. Trio kwek-kwek; Engkong, Hakial, Mbul; yang selalu bersedia menemani dan membantu tanpa lelah mencurahkan tenaga dan fikirannya, *all of you is my hero, I'm no one without you*.
7. Bang Beta, Tobron, dan JW, gak ada loe gak rame!
8. Alumni Laboratorium Akustik; mas Tri, mbak Sholah, mbak Putri, mas Aziz, mbak Keysha, yang mengajarkan penulis saat masih *newbie*,
9. Teman-teman Laboratorium Akustik yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu;
10. Teman-teman FBI-2012 yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu,
11. Teman-teman keluarga besar UKTK Rara Kananta, yang selalu memberikan semangat serta pesangon kepada penulis,
12. Teman-teman dan pelatih sanggar Laboratorium Remo, yang selalu memberikan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mohon kritik dan saran yang membangun dari pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak, terutama untuk penelitian selanjutnya. Amiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, 26 Juli 2016

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bunyi.....	5
2.1.1 Refleksi Bunyi (Pemantulan Bunyi).....	5
2.1.2 Absorpsi Bunyi (Penyerapan Bunyi).....	6
2.1.3 Difusi Bunyi (Penyebaran Bunyi).....	6
2.1.4 Difraksi Bunyi (Pembelokan Bunyi).....	6
2.2 Difuser.....	6
2.3 Struktur Permukaan Difuser	7
2.4 Aplikasi dan Fungsi Difuser.....	8
2.5 Koefisien <i>Scattering</i>	9
2.6 Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>).....	11

BAB III METODOLOGI.....	15
3.1 Tahap-tahap Penelitian	15
3.2 Studi Literatur.....	16
3.3 Pengenalan Alat.....	16
3.4 Pembuatan Difuser	17
3.5 Pengukuran.....	19
3.5.1 Metode Pengukuran Koefisien <i>Scattering</i>	19
3.5.2 Metode Perhitungan Koefisien <i>Scattering</i>	20
3.5.3 Metode Pengukuran Pola Hamburan.....	21
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Analisa Data	23
4.1.1 Koefisien <i>Scattering</i> (s)	23
4.1.2 Pola Hamburan	26
4.2 Pembahasan	29
4.2.1 Pengaruh Sudut terhadap Koefisien <i>Scattering</i>	29
4.2.2 Pengaruh Ukuran Kerang terhadap Koefisien <i>Scattering</i>	31
4.2.3 Pengaruh Frekuensi terhadap Koefisien <i>Scattering</i> ..	33
4.2.4 Pengaruh Frekuensi terhadap Pola Hamburan.....	34
4.2.5 Pengaruh Ukuran Kerang terhadap Pola Hamburan..	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	43
BIODATA PENULIS	71

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data waktu dengung T1 dan T2 pada sudut pengukuran 0°.....	25
Tabel 4.2 Data pengukuran <i>background noise</i>	27
Tabel 4.3 Data pengukuran kerang ukuran kecil.....	27
Tabel 4.4 Koefisien <i>scattering</i> panel difuser dengan kerang berukuran kecil.....	30
Tabel 4.5 Data koefisien <i>scattering</i> pada sudut 60°.....	31

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Interaksi bunyi dengan permukaan	5
Gambar 2.2 Contoh beberapa struktur geometri difuser	8
Gambar 2.3 Berbagai pola geometri difuser.....	8
Gambar 2.4 Pola hamburan khas dari difuser yang baik.....	9
Gambar 2.5 Aplikasi penggunaan difuser melengkung pada dinding Hummingbird Centre di Toronto	10
Gambar 2.6 Definisi koefisien hamburan bunyi.....	11
Gambar 2.7 Cangkang kerang darah (<i>Anadara granosa</i>)	13
Gambar 2.8 Limbah cangkang kerang darah (<i>Anadara granosa</i>) di pesisir pantai Kenjeran Surabaya	14
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	15
Gambar 3.2 (a) Proses pengambilan sampel cangkang kerang darah di pesisir pantai Kenjeran Surabaya (b) proses pencucian cangkang kerang.	17
Gambar 3.3 Proses pembuatan difuser.	17
Gambar 3.4 Pola susunan difuser dengan kerang ukuran kecil	18
Gambar 3.5 Pola susunan difuser dengan kerang ukuran sedang ..	18
Gambar 3.6 Pola susunan difuser dengan kerang ukuran besar.....	19
Gambar 3.7 Skema pengukuran koefisien <i>scattering</i>	20
Gambar 4.1 Proses pengukuran koefisien <i>scattering</i> dengan sudut 0°	23
Gambar 4.2 Proses pengukuran koefisien <i>scattering</i> dengan sudut 30°	24
Gambar 4.3 Proses pengukuran koefisien <i>scattering</i> dengan sudut 60°	24
Gambar 4.4 Proses pengukuran pola hamburan	26
Gambar 4.5 Grafik hubungan frekuensi terhadap koefisien <i>scattering</i> pada pengukuran dengan sudut 60°.....	33
Gambar 4.6 Grafik pola hamburan panel difuser dengan kerang berukuran kecil	35
Gambar 4.7 Grafik pola hamburan (a) frekuensi 1000Hz (b) frekuensi 2000Hz (c) frekuensi 4000Hz.....	37

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Penurunan Rumus (koefisien <i>scattering</i>).....	43
LAMPIRAN 2	Penurunan Rumus Koefisien Penyerapan dan Koefisien Penyerapan Spekular	47
LAMPIRAN 3	Data Pengukuran Waktu Dengung (T1, T2, T3, T4) dan Koefisien <i>Scattering</i>	51
LAMPIRAN 4	Data Pengukuran Pola Hamburan.....	55
LAMPIRAN 5	Data <i>Noise Criteria</i> (NC) Pada <i>Reverberation Room</i>	67
LAMPIRAN 6	Karakteristik <i>Speaker</i> yang digunakan Pada Pengukuran Koefisien <i>Scattering</i> dan Pola Hamburan.....	69

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, masyarakat sering merenovasi ruang yang tidak terpakai pada rumah mereka menjadi *home theatre*. Hal ini tentunya berakibat pada parameter akustik yang kurang baik seperti pola persebaran tingkat tekanan bunyi yang tidak merata pada ruang tersebut. Sehingga diperlukan sebuah material untuk mengendalikan persebaran tingkat tekanan bunyi dalam ruang tersebut. Material tersebut adalah difuser. Pada ruang-ruang yang memperhatikan segi akustik seperti auditorium, studio musik, maupun *home theatre* sering dijumpai adanya panel difuser yang dipasang di bagian dinding maupun langit-langit ruangan. Bentuk-bentuk yang digunakan juga sangat unik. Namun, harga dari material penyusunnya saja sudah mahal, terlebih harga panel siap pasang, sehingga harga tersebut tidak dapat dijangkau oleh seluruh lapisan masyarakat. Untuk itu maka perlu dikembangkan material akustik yang murah dengan bahan alam sehingga tidak memerlukan biaya yang terlalu besar tetapi memiliki kualitas yang bagus. Inovasi baru juga terus dilahirkan dengan memanfaatkan bahan-bahan daur ulang.

Beberapa inovasi baru telah diciptakan sebagai material akustik yang memanfaatkan bahan-bahan daur ulang antara lain seperti yang telah dilakukan oleh Margiasih pada tahun 2015 yang berjudul “*Analisis Perbandingan Komposisi Material Akustik Serbuk Cangkang Kerang Hijau (Perna viridis) Serta Agent Foam untuk Peningkatan Insulasi dan Daya Absorpsi Bunyi*”. Dimana pada penelitian tersebut diketahui bahwa kerang hijau dapat menjadi material akustik sebagai bahan insulasi bunyi yang tidak reflektif.

Sebelumnya juga pernah dilakukan oleh Armando (2013) yang memanfaatkan limbah cangkang kerang simping menjadi elemen estetika bangunan. Namun penelitian tersebut tidak melihat dari segi akustik ruang, hanya pada segi estetika saja.

Surabaya sebagai daerah dengan penghasil kerang darah yang cukup banyak, sehingga jarang ditemui keberadaan kerang simping. Penyumbang terbesar limbah cangkang kerang di pesisir pantai kenjeran Surabaya adalah kerang darah (*Anadara granosa*). Oleh sebab itu pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan difuser dengan menggunakan cangkang kerang darah. Pada penelitian ini akan memanfaatkan bentuk asli dari cangkang kerang tersebut yang tidak rata dan berpori sebagai permukaan difuser. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diciptakan inovasi baru panel difuser yang dapat diaplikasikan pada ruang auditorium dan studio untuk mencegah terjadinya gema dalam ruang tersebut dan memiliki nilai estetika yang bagus serta dapat digunakan sebagai alternatif pemanfaatan limbah cangkang kerang darah di pesisir pantai kenjeran Surabaya.

1.2 Rumusan Permasalahan

Perumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana ukuran cangkang kerang yang dapat digunakan menjadi panel difuser yang paling baik,
2. Pada frekuensi berapakah panel tersebut bekerja secara optimal,
3. Bagaimana pengaruh bentuk terhadap nilai *scattering*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu

1. Bahan utama difuser yaitu cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang diperoleh dari pesisir pantai Kenjeran Surabaya
2. Papan yang digunakan sebagai alas difuser adalah triplek dengan ketebalan 6mm dan ukuran 60x60cm
3. Proses pengukuran koefisien *scattering* mengacu pada ISO 17497-1 dan proses pengukuran pola hamburan mengacu pada ISO 17497-2

4. Frekuensi yang digunakan selama pengukuran yaitu 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, dan 4000Hz.
5. Sudut pengukuran penentuan koefisien *scattering* yang digunakan yaitu 0°, 30°, dan 60°

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu

1. Merancang dan membuat panel difuser dengan variasi ukuran cangkang kerang yang berbeda,
2. Menganalisa kualitas masing-masing difuser yang dibuat berdasarkan nilai koefisien *scattering*.
3. Menganalisa pengaruh variasi ukuran kerang sebagai difuser terhadap pola hamburan yang dihasilkan,

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu dapat mengetahui karakteristik cangkang kerang darah sebagai material akustik penyusun panel difuser sehingga dapat diaplikasikan di dalam suatu desain ruang auditorium, studio, dan *home theatre*. Penelitian ini juga dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pemanfaatan limbah cangkang kerang darah sebagai upaya mengatasi masalah limbah dengan mendaur ulang limbah menjadi barang bernilai jual tinggi.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

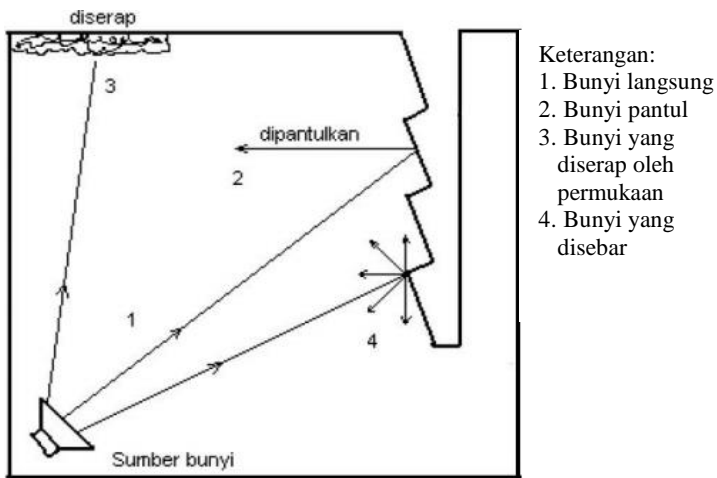
Sistematika penulisan tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu: Bab 1: Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir. Bab 2: Tinjauan Pustaka, berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir. Bab 3: Metodologi Penelitian, berisi tentang metode dan tahap pengambilan data. Bab 4: Analisa Data dan Pembahasan, berupa hasil data yang diperoleh, serta analisa yang dilakukan. Bab 5: Kesimpulan, berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II DASAR TEORI

2.1 Bunyi

Menurut Suptandar, 2004, bunyi merupakan transmisi energi yang melewati media padat, cair dan gas dalam suatu gearan yang diterima melalui sensasi telinga dan otak. Variasi bunyi terjadi karena tekanan udara berupa rapatan atau renggangan molekul udara oleh gangguan pada media elastis menyebar ke segala arah. Apabila gelombang bunyi mengenai sebuah permukaan, maka akan terjadi beberapa peristiwa seperti pemantulan, penyerapan, penyebaran, dan pembelokan seperti tampak pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Interaksi bunyi dengan permukaan
(Sumber: Doelle, 1972)

2.1.1 Refleksi Bunyi (Pemantulan Bunyi)

Bunyi akan memantul apabila menabrak beberapa permukaan sebelum sampai ke pendengar sebagaimana pendapat Mills(1976: 27): *Reflected sound strikes a surface or several*

surfaces before reaching the receiver. Terjadinya proses pemantulan bunyi diakibatkan oleh bentuk ruang serta bahan pelapis permukaannya. Permukaan pemantul yang cembung menyebabkan bunyi terpantul ke berbagai arah. Sedangkan permukaan pemantul yang cekung cenderung menyebabkan bunyi terkumpul pada satu titik atau terjadi pemusatan bunyi.

2.1.2 Absorpsi Bunyi (Penyerapan Bunyi)

Jika bunyi menabrak permukaan yang lembut dan berpori maka bunyi akan terserap olehnya (Doelle, 1990:26) sehingga permukaan tersebut disebut penyerap bunyi. Setiap bahan memiliki batasan tertentu dalam menyerap bunyi. Hal-hal yang mempengaruhi banyak sedikitnya penyerapan bunyi adalah lapisan permukaan dinding, lantai, langit-langit, isi ruang seperti penonton dan bahan tirai, tempat duduk dengan lapisan lunak, karpet serta udara dalam ruang.

2.1.3 Difusi Bunyi (Penyebaran Bunyi)

Bunyi dapat menyebar ke atas, ke bawah maupun ke segala arah dalam suatu ruangan tertutup. Bunyi pada dasarnya menyebar ke segala arah. Bunyi juga dapat berjalan melalui celah-celah kecil pada dinding yang dapat terjadi karena adanya rongga-rongga pada saat penyusunan batu bata dengan semen.

2.1.4 Difraksi Bunyi (Pembelokan Bunyi)

Difraksi bunyi merupakan sebuah kejadian ketika gelombang bunyi dibelokkan atau dihamburkan di sekitar penghalang seperti sudut, kolom, tembok dan balok. Peristiwa ini terjadi apabila panjang gelombang bunyi datang lebih besar daripada celah atau dimensi penghalangnya sehingga bunyi akan dibelokkan.

2.2 Difuser

Difuser merupakan sebuah material akustik yang biasanya digunakan untuk mengendalikan persebaran bunyi dalam suatu

ruangan. Pada umumnya, difuser digunakan untuk mengurangi gema serta pemantulan sementara didalam ruangan. Difuser dapat membantu difusi bunyi, tetapi hal ini bukan merupakan alasan utama mengapa difuser digunakan dalam banyak kasus. Pada aplikasinya, difuser lebih sering digunakan untuk menghilangkan gema (Werner, 1981).

Penggunaan difuser memiliki peranan penting, baik dalam ruangan yang besar maupun dalam ruangan kecil seperti studio rekaman atau ruang latihan bagi para musisi. Pada ruangan besar, difuser digunakan dengan tujuan untuk mengurangi gema yang terjadi. Sedangkan pada ruangan kecil, difuser biasanya digunakan untuk membantu proses difusi bunyi. Struktur difuser dirancang dengan tujuan untuk membelokkan energi bunyi yang mungkin dapat dipantulkan dari arah pemantulan geometris dan kemudian mendistribusikannya kearah lain (hunecke.de).

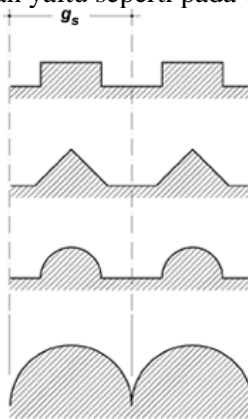
2.3 Struktur Permukaan Difuser

Kondisi akustik ruang dikatakan baik apabila memenuhi beberapa kriteria akustik. Salah satu kriteria akustik adalah SPL (*Sound Pressure Level*) atau tingkat tekanan bunyi dalam ruang yang tersebar merata. Dalam mendesain ruang yang memerhatikan sudut pandang akustik ruang seringkali digunakan material absorber dan reflector. Namun pada kenyataannya penggunaan material tersebut terkadang masih belum memenuhi kriteria akustik. Untuk itu alternatif material lainnya yang biasa digunakan untuk pengaturan akustik ruang yaitu difuser yang merupakan material akustik padat, keras dan mempunyai bentuk permukaan tidak rata (bergelombang, bergerigi, dsb). Dalam aplikasinya, difuser diletakkan pada langit-langit dan dinding ruangan. Tetapi yang lebih sering adalah diletakkan pada dinding ruangan (Alton, 2009). Pada Gambar 2.2 berikut merupakan salah satu contoh panel difuser yang terbuat dari kayu.



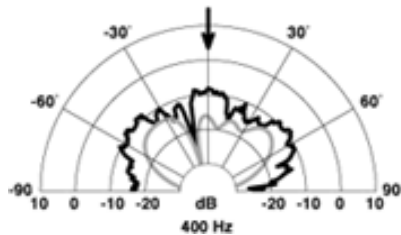
Gambar 2.2 Contoh beberapa struktur geometri difuser
(sumber: www.xix-acoustics.com)

Secara sederhana, bentuk-bentuk geometri difuser yang paling umum digunakan yaitu seperti pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Berbagai pola geometri diffuser
(sumber: hunecke.de)

Masing-masing pola geometri difuser memiliki karakteristik pola hamburan yang berbeda-beda. Gambar 2.4 berikut ini menggambarkan salah satu contoh pola hamburan sebuah difuser.

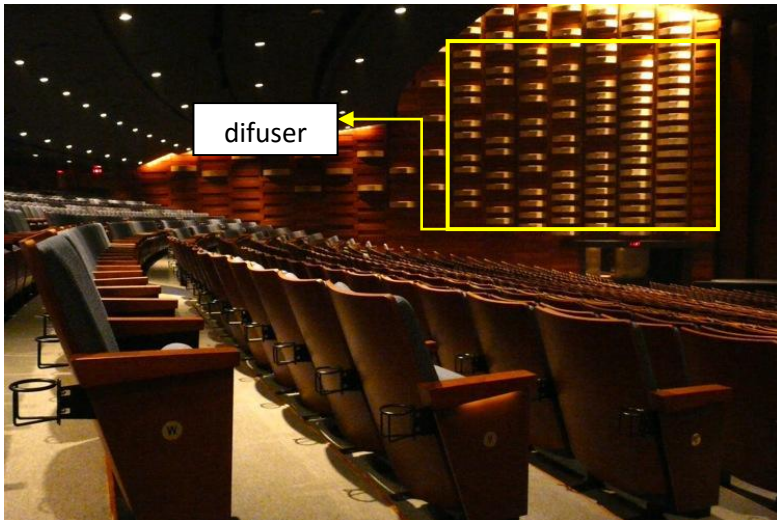


Gambar 2.4 Pola hamburan khas dari difuser yang baik
(sumber: hunecke.de)

2.4 Aplikasi dan Fungsi Difuser

Dalam mendesain ruang seringkali dijumpai adanya gema. Gema merupakan bunyi pantul yang datang lebih dari 50ms setelah bunyi langsung tiba pada pendengar. Pantulan tersebut dapat berasal dari langit-langit maupun dinding ruang. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut adalah memberi difuser atau absorber dalam ruangan. Difuser lebih banyak digunakan karena difuser tidak menghilangkan energi bunyi yang mengenainya. Pada ruangan besar seperti auditorium, penggunaan difuser memiliki peranan yang cukup penting, terlebih jika auditorium tersebut digunakan untuk pertunjukan orkestra, untuk menjaga kekuatan bunyi yang dihasilkan oleh alat musik (D'Antonio, 2004).

Pada Gambar 2.5 menunjukkan salah satu contoh penggunaan difuser dengan bentuk melengkung. Penggunaan difuser ini bertujuan untuk mengacak bunyi sehingga mampu mengatasi gema selain itu juga untuk memenuhi estetika arsitektur bangunan.



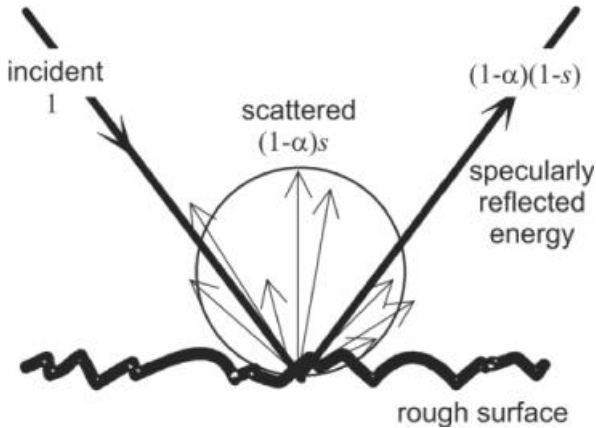
Gambar 2.5 Aplikasi penggunaan difuser melengkung pada dinding Hummingbird Centre di Toronto (sumber: urbantoronto.ca)

2.5 Koefisien *Scattering*

Koefisien hamburan merupakan perbandingan antara energi terpantul acak dan energi terpantul total (terhambur dan spekular). Gagasan koefisien hamburan yaitu untuk memisahkan bunyi yang dipantulkan kedalam komponen spekular dan komponen terhambur (*scattered*) dimana komponen spekular adalah energi yang terpantul dengan sudut yang sama besar dengan sudut datangnya, sedangkan komponen terhambur adalah energi terpantul ke arah yang tidak teratur atau acak.

Apabila gelombang bunyi datang mengenai suatu permukaan, bunyi tersebut akan diserap sebagian atau seluruh energinya bergantung pada koefisien absorpsinya. Jika yang diserap hanya sebagian, maka energi yang tersisa akan dipantulkan (terhambur dan spekular). Besarnya energi yang dihamburkan bergantung pada koefisien hamburannya. Permukaan yang kasar lebih

cenderung menghamburkan bunyi daripada permukaan halus. Ilustrasi kejadian ini dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Definisi koefisien hamburan bunyi
(sumber: D'Antonio, 2004)

Pada Gambar 2.6 dapat dilihat bahwa gelombang bunyi tidak selalu dipantulkan secara spekular. Berdasarkan hukum kekekalan energi, maka:

$$E_{datang} = E_{serap} + E_{pantul\ total} \quad (2.1)$$

dimana

E_{datang}	: Jumlah total energi datang
E_{serap}	: Energi yang diserap oleh permukaan
$E_{pantul\ total}$: Energi yang dipantulkan spekular dan terhambur

Energi terpantul spekular dinyatakan sebagai;

$$E_{spec} = (1 - \alpha)(1 - s) \equiv (1 - \alpha_{spec}) \quad (2.2)$$

Sedangkan energi pantul total dinyatakan sebagai;

$$E_{pantul\ total} = 1 - \alpha \quad (2.3)$$

Koefisien serapan spekular adalah perbandingan antara energi yang diserap dan dihamburkan dengan energi datang. Sehingga berdasarkan persamaan 2.2 dan 2.3, maka koefisien hamburan dapat ditentukan dengan;

$$S = \frac{\alpha_{spec} - \alpha}{1 - \alpha} = 1 - \frac{E_{spec}}{E_{pantul\ total}} \quad (2.4)$$

dimana

- E_{spec} : energi pantul total dikurangi dengan energi terhambur
 $E_{pantul\ total}$: energy datang dikurangi dengan energy yang diserap
 S : koefisien hamburan
 α : koefisien serapan difuser
 α_{spec} : koefisien serapan spekular

2.6 Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Kerang darah merupakan pangan yang lezat dan telah banyak dijual di rumah makan dan pedagang kaki lima. Bobot daging berkisar antara 22,70% hingga 24,3 % dari bobot total tubuhnya. Jenis-jenis kerang darah yang telah diketahui hidup di perairan Indonesia adalah *A. granosa* (kerang darah), *A. inflata* (kerang bulu) dan *A. indica* (kerang mencos). Klasifikasi dan identifikasi kerang darah menurut Linnaeus (1758) dalam Broom (1985) adalah sebagai berikut :

- Kingdom : Animalia
 Phylum : Mollusca
 Class : Bivalvia
 Subclass : Pteriomorpha
 Ordo : Arcoida
 Famili : Archidae

Genus : *Anadara*
Species : *Anadara granosa*

Ciri-ciri dari kerang darah adalah mempunyai dua keping cangkang yang tebal, elips, dan kedua sisi sama, kurang lebih 20 rib. Cangkang berwarna putih ditutupi periostrakum yang berwarna kuning kecoklatan sampai coklat kehitaman. Ukuran kerang dewasa 6-9 cm. (Latifah, 2011)



Gambar 2.7 Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)
(sumber: koleksi penulis)

Kerang darah mempunyai dua buah cangkang yang dapat membuka dan menutup. Cangkang ini terdiri atas 3 lapisan, yaitu periostrakum (lapisan terluar dari kitin yang berfungsi sebagai pelindung), lapisan prismatic (tersusun dari kristal-kristal kapur yang berbentuk prisma), lapisan nakreas atau sering disebut lapisan induk mutiara (tersusun dari lapisan kalsit (karbonat) yang tipis dan parallel). Puncak cangkang disebut umbo dan merupakan bagian cangkang yang paling tua. Cangkang kerang mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) dalam kadar yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan batu gamping, cangkang telur, keramik, atau bahan lainnya. Hal ini terlihat dari tingkat kekerasan cangkang kerang. Semakin keras cangkang, maka semakin tinggi kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) nya. (Broom, MJ:1985)

Menurut Direktorat Jenderal Tangkap dan Perikanan Indonesia, kelimpahan kerang darah di Indonesia pada tahun 2012 yaitu 49 ton. Kelimpahan ini dapat dilihat pula di Surabaya yakni di pesisir pantai Kenjeran Surabaya seperti tampak pada Gambar 2.8 berikut.

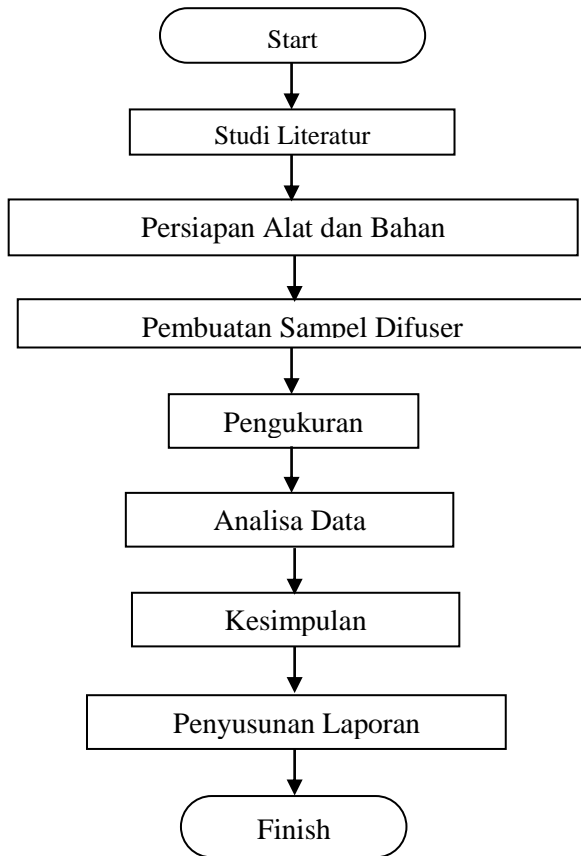


Gambar 2.8 Limbah Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) di pesisir Pantai Kenjeran Surabaya (sumber: koleksi penulis)

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahap-tahap Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini mengikuti tahapan-tahapan yang ada pada diagram alir berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendukung proses pembuatan tugas akhir dari serta memahami arah dan alur penelitian yang dapat mendukung proses penelitian dari awal hingga penulisan laporan. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat menjadi acuan dalam melakukan analisis dan pembahasan. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, artikel, jurnal ilmiah serta internet.

3.3 Pengenalan Alat

Tahap ini bertujuan membahas fungsi dan karakteristik peralatan yang digunakan dalam penelitian. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat keras dan lunak yang meliputi:

- i. *Personal Computer* (PC/Laptop) berfungsi sebagai penghasil sumber bunyi impuls dari *Realtime Analyzer*.
- ii. *Amplifier* berfungsi sebagai penguat bunyi yang dikeluarkan oleh PC sebelum masuk ke *speaker*.
- iii. *Speaker* berfungsi mengeluarkan bunyi yang telah dikuatkan oleh *amplifier* dan merupakan sebagai sumber bunyi. *Speaker* yang digunakan pada pengukuran penentuan koefisien *scattering* yaitu Toa model ZH-625S.
- iv. *Sound Level Meter* (SLM) berfungsi sebagai alat untuk membaca nilai peluruhan bunyi yang terjadi. SLM yang digunakan pada pengukuran ini yaitu Rion tipe NL-20.
- v. *Statip* berfungsi sebagai penyangga bahan uji agar berada sesuai dengan posisi yang dikehendaki.
- vi. *Tripod* berfungsi sebagai alat untuk menyangga mikropon dan *speaker* agar tepat pada jarak dan sudut yang dikehendaki.
- vii. *Turntable* (meja putar) sebagai media untuk memutar bahan uji (difuser).

3.4 Pembuatan Difuser

Langkah pertama pada penelitian ini yaitu mengumpulkan limbah cangkang kerang yang berada di pesisir pantai kenjeran kecamatan Sukolilo Surabaya, kemudian limbah cangkang kerang darah dicuci hingga bersih seperti tampak pada Gambar 3.2. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan adanya kotoran yang masih menempel pada cangkang kerang. Cangkang kerang kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari. Kemudian cangkang kerang dipilah-pilah sesuai ukuran yang dikehendaki.



Gambar 3.2 (a) Proses pengambilan sampel cangkang kerang darah di pesisir pantai Kenjeran Surabaya (b) Proses pencucian cangkang kerang

Pada Gambar 3.3 menunjukkan proses penyusunan cangkang kerang darah yang sudah dipilah-pilah sesuai ukuran yang dikehendaki.



Gambar 3.3 Proses pembuatan difuser

Pada penelitian ini cangkang kerang darah dibagi menjadi tiga variasi *range* ukuran cangkang yaitu ukuran kecil (lebar 2cm-3cm, tinggi 0.9cm-1.2cm), ukuran sedang (lebar 3.5cm-4cm, tinggi 1.1cm-1.5cm), dan ukuran besar (lebar 5cm-6cm, tinggi 1.7cm-2.1cm). Bahan yang akan digunakan sebagai tatanan panel adalah triplek dengan ketebalan 6mm dan ukuran 60x60cm. Kemudian cangkang kerang darah disusun sedemikian rupa dengan variasi susunan yang beragam seperti pada Gambar 3.4, 3.5, dan 3.6 berikut:



Gambar 3.4 Pola susunan difuser dengan kerang ukuran kecil



Gambar 3.5 Pola susunan difuser dengan kerang ukuran sedang



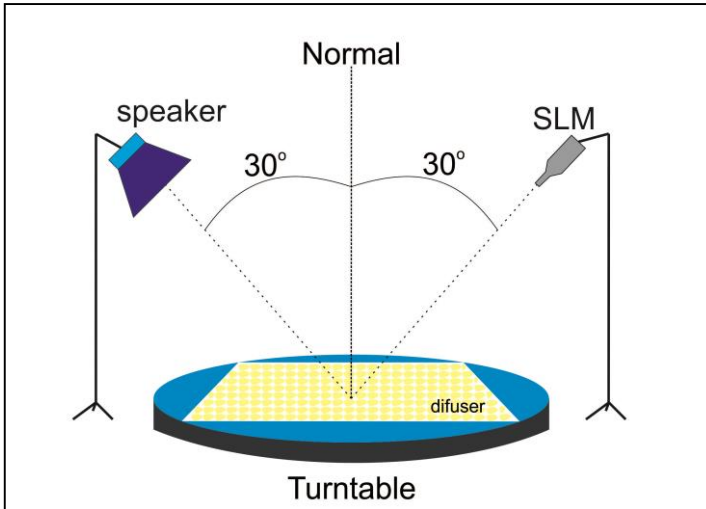
Gambar 3.6 Pola susunan difuser dengan kerang ukuran besar

3.5 Pengukuran

Pada penelitian ini proses pengukuran terdiri dari pengukuran koefisien *scattering* dan pengukuran pola hamburan difuser. Pengukuran koefisien *scattering* mengacu pada metode ISO 17497-1. Sedangkan pengukuran pola hamburan mengacu pada metode ISO 17497-2.

3.5.1 Metode Pengukuran Koefisien *Scattering*

Metode pengukuran koefisien hamburan didasarkan pada ISO354 melalui pengukuran penyerapan bunyi dalam ruang dengung. ISO yang saat ini digunakan untuk mengukur koefisien hamburan yakni ISO17497-1 merupakan perluasan dari ISO354 meliputi kondisi pengukuran yang berkaitan dengan bahan uji berupa lingkaran yang berputar. Berdasarkan ISO17497-1, bahan uji diletakkan pada meja putar dan dilakukan pengukuran dengan sudut datang yang berbeda-beda. Dalam metode ISO, bahan uji harus diletakkan pada meja putar (*turntable*) dalam sebuah ruang dengung. Standar ISO merekomendasikan untuk mengukur waktu dengung berdasarkan range peluruhan awal -5dB sampai range peluruhan awal -20dB. (Jin Yong Jeon: 2004)



Gambar 3.7 Skema pengukuran koefisien *scattering*

3.5.2 Metode Perhitungan Koefisien *Scattering*

Koefisien hamburan dapat dihitung dari koefisien penyerapan difuser (α) dan koefisien penyerapan spekular (α_{spec}). (Jin Yong Jeon: 2004)

$$S = \frac{\alpha_{spec} - \alpha}{1 - \alpha} \quad (3.1)$$

dimana nilai koefisien penyerapan difuser (α) dan koefisien penyerapan spekular (α_{spec}) yaitu:

$$\alpha = 0,16 \frac{V}{A} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (3.2)$$

$$\alpha_{spec} = 0,16 \frac{V}{A} \left(\frac{1}{T_4} - \frac{1}{T_3} \right) \quad (3.3)$$

dengan

- α : koefisien penyerapan difuser
 α_{spec} : koefisien penyerapan spekular

- V : volume ruang dengung (m^3)
 A : luas bahan uji (m^2)
 T₁ : waktu dengung ruang uji saat bahan uji tidak ada dan meja putar tidak berputar (sekon)
 T₂ : waktu dengung ruang uji saat bahan uji ada dan meja putar tidak berputar (sekon)
 T₃ : waktu dengung ruang uji saat bahan uji tidak ada dan meja putar berputar (sekon)
 T₄ : waktu dengung ruang uji saat bahan uji ada dan meja putar berputar (sekon)

3.5.3 Metode Pengukuran Pola Hamburan

Pengukuran pola hamburan pada penelitian ini mengacu pada ISO 17497-2 yaitu pengukuran pola hamburan pada medan bebas (*anechoic chamber*). Pada pengukuran pola hamburan, bahan uji diletakkan pada titik uji yang dimulai dari sudut 0° dari garis normal bidang difuser. Kemudian *microphone* diputar dari sudut 0° hingga 180derajat didepan difuser.

Pengukuran dilakukan saat tidak ada bahan uji dan saat ada bahan uji. Saat tidak ada bahan uji, maka SPL yang ditangkap oleh *microphone* adalah bunyi langsung dari *speaker*. Sedangkan saat ada bahan uji, maka SPL yang ditangkap oleh *microphone* adalah SPL total. Untuk mendapatkan nilai SPL *scattering*, dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$SPL_{total} = SPL_{langsung} + SPL_{scatter}$$

dimana,

$$SPL = 10 \log \frac{P^2}{P_{ac}^2}$$

$$P_{scatter}^2 = P_{total}^2 - P_{langsung}^2$$

$$P_{scatter}^2 = P_{ac}^2 \left[\left(10^{\frac{SPL_{total}}{10}} \right) - \left(10^{\frac{SPL_{langsung}}{10}} \right) \right]$$

Berdasarkan persamaan diatas, maka *SPL scatter* dapat diperoleh dengan:

$$SPL_{scatter} = 10 \text{ Log } \frac{P_{scatter}^2}{P_{ac}^2} \quad (3.4)$$

Keterangan:

$SPL_{scatter}$: <i>SPL scattering</i> (dB)
$SPL_{langsung}$: SPL tanpa difuser/bahan uji (dB)
SPL_{total}	: SPL dengan difuser/bahan uji (dB)
P_{total}	: Tekanan bunyi dengan difuser/bahan uji (N/m ²)
$P_{scatter}$: Tekanan bunyi yang dihamburkan (N/m ²)
$P_{langsung}$: Tekanan bunyi tanpa difuser/bahan uji (N/m ²)
P_{ac}	: Tekanan acuan/referensi (N/m ²)

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

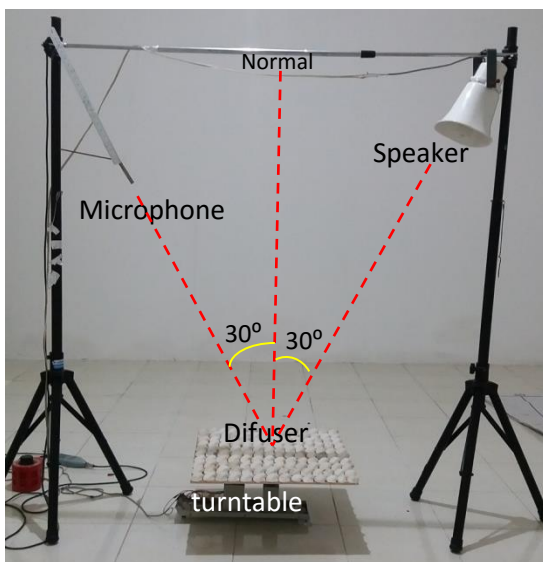
4.1 Analisa Data

4.1.1 Koefisien Scattering

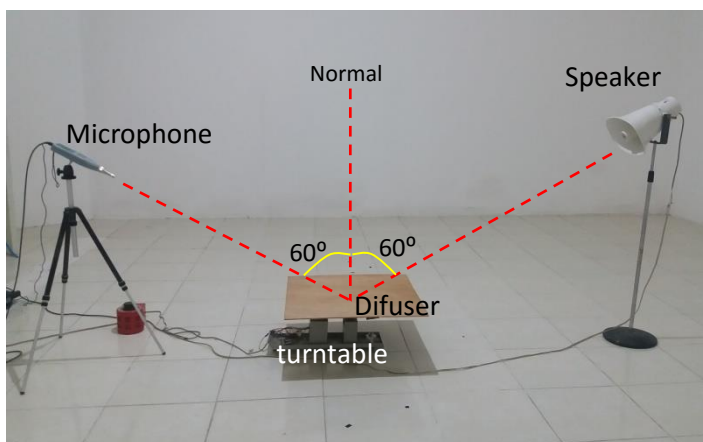
Proses pengambilan data dilakukan di *Reverberation room* di Laboratorium Instrumentasi Akustik jurusan Fisika, ITS. Ruang uji yaitu *reverberation room* berbentuk segilima tak beraturan dengan volume $140,058\text{m}^3$. Alat yang digunakan dalam pengukuran koefisien *scattering* yaitu *Sound Level Meter* (SLM) merk Rion tipe NL-20, *turntable*, variasi AC, *horn speaker* merk Toa ZH-625S. Difuser yang dibuat berukuran $0,6\text{m} \times 0,6\text{m}$ menyesuaikan dengan ukuran panel difuser yang dijual dipasaran. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan variasi sudut 0° , 30° , dan 60° seperti tampak pada Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3 berikut.



Gambar 4.1 Proses pengukuran koefisien *scattering* dengan sudut 0°



Gambar 4.2 Proses pengukuran koefisien *scattering* dengan sudut 30°



Gambar 4.3 Proses pengukuran koefisien *scattering* dengan sudut 60°

Sebelum dilakukan pengambilan data, dilakukan pengukuran untuk *noise criteria* terlebih dahulu pada ruang uji

yang digunakan. *Noise Criteria* (NC) pada *reverberation room* yaitu 32 dB. Data selengkapnya untuk nilai *noise criteria* yang diperoleh dapat dilihat pada Lampiran 5. Data yang diperoleh pada pengukuran koefisien *scattering* yaitu waktu dengung yang terdiri dari;

1. T1 = waktu dengung saat tidak ada bahan uji dan meja putar tidak berputar (sekon)
2. T2 = waktu dengung saat ada bahan uji dan meja putar tidak berputar (sekon)
3. T3 = waktu dengung saat tidak ada bahan uji dan meja putar berputar (sekon)
4. T4 = waktu dengung saat ada bahan uji dan meja putar berputar (sekon)

Dalam melakukan pengukuran, jarak antara difuser-*speaker* yaitu 1,3m dan jarak difuser-*microphone* yaitu 1,1m. Untuk mendapatkan nilai koefisien *scattering* jika dilihat berdasarkan persamaan (3.2) dan (3.3) maka nilai T2 harus lebih besar daripada T1 serta nilai T4 harus lebih besar daripada T3. Data hasil pengukuran waktu dengung dapat dilihat pada Tabel 4.1. Berikut ini adalah data waktu dengung T1 dan T2 yang diperoleh dengan variasi sudut 0°.

Tabel 4.1 Data waktu dengung T1 dan T2 pada sudut pengukuran 0°

Frek.	T1 (s)	T2 (s)		
		Kecil	Sedang	Besar
125	14.23 ±1.76	14.73 ±0.38	15.18 ±0.16	16.92 ±0.38
250	15.06 ±0.61	15.61 ±0.11	16.50 ±0.14	17.13 ±0.42
500	13.23 ±1.00	13.22 ±0.20	12.24 ±0.10	12.70 ±0.59
1000	7.48 ±0.51	8.32 ±0.34	7.65 ±0.08	8.20 ±0.35
2000	5.39 ±1.75	5.06 ±0.09	4.97 ±0.07	5.19 ±0.26
4000	21.70 ±0.42	20.56 ±0.18	20.56 ±0.02	20.64 ±0.33

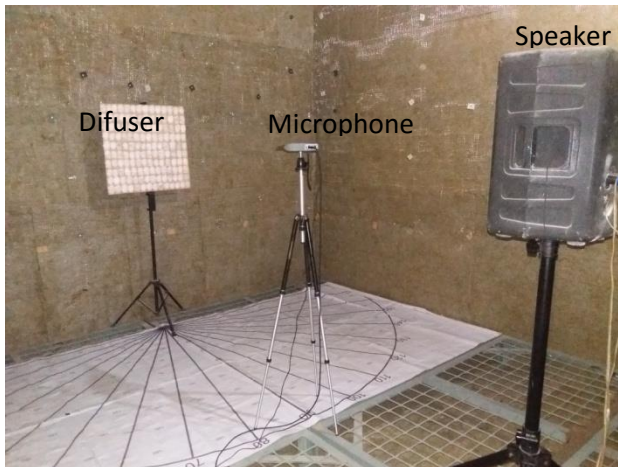
Data selengkapnya hasil pengukuran waktu dengung (T1, T2, T3, T4) untuk masing-masing variasi yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.1.2 Pola Hamburan

Proses pengambilan data dilakukan di ruang semi-*anechoic* di Laboratorium Instrumentasi Akustik jurusan Fisika ITS. Ruang uji berbentuk persegi panjang yang seluruh permukaannya dilapisi *rockwool* dengan ketebalan 5cm. Ruang uji memiliki ukuran:

Panjang = 5,9 m
 Lebar = 3,5 m
 Tinggi = 3,2 m
 Volume = 65,55 m³

Berdasarkan ukuran tersebut maka jika mengacu pada ukuran sebenarnya yang sesuai dengan standar ISO 17497-2, ruang uji yang digunakan memiliki perbandingan 1:2,5. Sehingga didapatkan jarak antara difuser/bahan uji dengan *microphone* yaitu 1,4 meter dan jarak difuser-*speaker* 2,8m. Proses pengukuran dilakukan seperti pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Proses pengukuran pola hamburan

Data yang akan di ambil dari pada pengukuran ini yaitu SPL_{langsung} , dan SPL_{total} . SPL_{langsung} adalah tingkat tekanan bunyi yang ditangkap oleh *microphone* pada pengukuran tanpa bahan

uji. Sedangkan SPL_{total} adalah tingkat tekanan bunyi yang ditangkap oleh *microphone* pada pengukuran dengan bahan uji. Sebelum dilakukan pengukuran pola hamburan, dilakukan pengukuran *background noise* terlebih dahulu. Pengukuran ini dilakukan pada sudut 0° dan 180° . Nilai ini digunakan untuk sebuah acuan agar SPL yang diukur adalah hasil yang sebenarnya, yaitu diatas 10dB dari *background noise*. Hasil pengukuran *background noise* dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Data pengukuran *background noise*

Frekuensi (Hz)	SPL (dB)	
	0°	180°
125	35.2	32.4
250	24.2	24.7
500	23.5	25.8
1000	23.6	24.6
2000	21.7	22.6
4000	20.6	20.9

Berikut ini adalah salah satu contoh data hasil pengukuran SPL_{total} dengan difuser kerang berukuran kecil yang ditampilkan pada Tabel 4.3 dibawah ini. Data pengukuran SPL selengkapny dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 4.3 Data pengukuran kerang ukuran kecil

Sudut	SPL (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0°	78.50 ± 0.10	83.33 ± 0.58	102.10 ± 0.26	93.53 ± 0.15	95.23 ± 0.21	91.37 ± 0.51
10°	79.70 ± 0.10	93.10 ± 0.10	103.87 ± 0.15	96.83 ± 0.06	92.83 ± 0.72	96.70 ± 0.10
20°	79.93 ± 0.06	99.50 ± 0.69	102.80 ± 0.10	98.30 ± 0.20	97.93 ± 0.15	93.60 ± 0.10

Sudut	SPL (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
30°	79.50 ±0.61	97.80 ±0.10	100.50 ±0.10	93.53 ±0.49	94.33 ±0.49	93.10 ±0.10
40°	80.67 ±0.31	99.30 ±0.20	102.50 ±0.10	90.70 ±0.56	96.27 ±0.31	92.53 ±0.40
50°	84.03 ±0.06	96.23 ±3.67	105.20 ±0.10	95.10 ±0.20	98.30 ±0.36	96.47 ±0.25
60°	87.73 ±0.06	96.00 ±0.06	103.93 ±0.15	97.13 ±0.15	98.70 ±0.20	94.53 ±0.35
70°	90.10 ±0.10	99.83 ±0.15	106.57 ±0.31	89.67 ±0.51	97.53 ±0.15	100.13 ±0.31
80°	91.53 ±0.15	102.70 ±0.78	104.63 ±1.10	95.87 ±0.15	98.30 ±0.10	98.77 ±0.76
90°	92.93 ±0.06	102.57 ±0.76	102.87 ±0.67	91.87 ±0.85	100.00 ±0.20	95.77 ±0.15
100°	92.53 ±0.06	98.40 ±0.10	106.53 ±0.35	96.70 ±0.10	96.40 ±0.36	103.53 ±0.50
110°	91.80 ±0.10	96.00 ±0.06	103.53 ±0.23	95.09 ±0.43	99.50 ±0.44	104.13 ±0.35
120°	90.20 ±0.10	96.15 ±0.15	102.37 ±0.38	100.37 ±0.31	96.27 ±0.21	99.97 ±0.21
130°	86.73 ±0.15	100.35 ±0.21	106.43 ±0.06	97.77 ±0.35	100.37 ±0.25	99.03 ±0.06
140°	83.13 ±0.23	102.53 ±0.15	104.00 ±0.26	95.10 ±0.10	99.23 ±0.15	100.67 ±0.25
150°	80.97 ±0.06	101.37 ±0.15	100.80 ±0.66	93.50 ±0.10	97.80 ±0.53	98.73 ±0.15
160°	81.87 ±0.15	98.80 ±0.72	102.23 ±0.15	98.53 ±0.50	96.93 ±0.25	96.13 ±0.55
170°	83.27 ±0.06	93.63 ±0.38	102.97 ±0.15	97.17 ±0.32	97.10 ±0.10	98.50 ±0.20
180°	83.03 ±0.21	93.37 ±0.32	102.97 ±0.75	95.47 ±0.40	96.67 ±0.40	98.13 ±0.76

4.2 Pembahasan

Proses pengukuran pada penelitian ini terdiri dari pengukuran koefisien *scattering* bunyi (s) dan pengukuran pola hamburan bunyi. Pengukuran koefisien *scattering* bunyi (s) dilakukan dengan mengacu pada metode ISO 17497-1. Sedangkan pengukuran pola hamburan bunyi dilakukan dengan mnengacu pada metode ISO 17497-2.

4.2.1 Pengaruh Sudut terhadap Koefisien *Scattering*

Berdasarkan data yang diperoleh seperti pada Tabel 4.3, kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.4) untuk mendapatkan nilai koefisien *scattering* (s). Berikut contoh perhitungan koefisien *scattering* pada sudut 30° untuk kerang besar dengan frekuensi 250Hz. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai: T1= 8.496 sekon

$$T2= 7.57 \text{ sekon}$$

$$T3= 8.636 \text{ sekon}$$

$$T4= 7.592 \text{ sekon}$$

$$V= 140.058 \text{ m}^3$$

$$A= 0.36 \text{ m}^2$$

Berdasarkan persamaan (3.2) dan (3.3) maka:

$$\alpha = 0,16 \frac{V}{A} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\alpha = 0.16 \frac{140.058}{0.36} \left(\frac{1}{7.57} - \frac{1}{8.496} \right)$$

$$\alpha = 62.248 \times 0.014398$$

$$\alpha = 0.89$$

$$\alpha_{spec} = 0,16 \frac{V}{A} \left(\frac{1}{T_4} - \frac{1}{T_3} \right)$$

$$\alpha_{spec} = 0.16 \frac{140.058}{0.36} \left(\frac{1}{7.592} - \frac{1}{8.636} \right)$$

$$\alpha_{spec} = 62.248 \times 0.015923$$

$$\alpha_{spec} = 0.99$$

Sehingga, sesuai dengan persamaan (3.1) diperoleh nilai s adalah:

$$s = \frac{0.99 - 0.89}{1 - 0.89}$$

$$s = 0.91$$

Jadi, nilai koefisien *scattering* pada sudut 30 derajat untuk kerang besar dengan frekuensi 250Hz, yaitu 0,91. Nilai 0,91 berarti bahwa 91% dari bunyi pantul total dipantulkan secara terhambur dan 9% dari bunyi pantul total dipantulkan secara spekular. Data selengkapnya untuk hasil perhitungan koefisien *scattering* pada masing-masing variasi dapat dilihat pada Lampiran 3.

Sesuai dengan data yang didapatkan dalam perhitungan koefisien *scattering* diketahui bahwa masing-masing jenis difuser memiliki nilai yang berbeda pada setiap variasi frekuensi dan sudut yang digunakan.

Tabel 4.4 Koefisien *scattering* panel difuser dengan kerang kecil

Frekuensi (Hz)	0 derajat	30 derajat	60 derajat
125	0.01	-0.62	1.15
250	0.03	-1.25	0.41
500	0.04	0.19	0.77
1000	0.44	-0.12	0.04
2000	-0.28	0.21	0.05
4000	-0.26	0.60	0.42

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 4.4, dapat diketahui bahwa pada aplikasinya panel difuser paling baik diletakkan dengan sudut 60°. Hal ini menandakan bahwa energi yang dihamburkan lebih besar diterima oleh *microphone* pada sudut 60°. Jika yang dibutuhkan adalah pada frekuensi rendah, maka panel difuser dengan kerang berukuran kecil ini paling

sesuai diletakkan dengan sudut 0° . Data selengkapnya untuk hasil koefisien *scattering* dapat dilihat pada Lampiran 3.

Secara keseluruhan, ketiga variasi ukuran kerang pada sudut 0° tidak dapat digunakan pada frekuensi tinggi, sedangkan pada frekuensi rendah yang paling baik adalah difuser dengan kerang berukuran kecil. Sehingga dapat dikatakan bahwa karakter bentuk kerang darah kurang sesuai pada frekuensi tinggi. Untuk sudut 30° , nilai koefisien *scattering* paling baik adalah difuser dengan kerang berukuran kecil pada frekuensi 2000Hz dan 4000Hz. Sedangkan untuk frekuensi lainnya masih banyak terjadi anomali. Pada sudut 60° nilai koefisien paling baik yaitu difuser dengan kerang berukuran kecil. Secara keseluruhan dari ketiga variasi jenis ukuran yang digunakan pada penelitian ini, hasil yang paling baik adalah difuser dengan kerang berukuran kecil baik pada sudut 0° , 30° , maupun 60° . Hal ini dikarenakan oleh bentuk cangkang kerang yang hampir serupa dan rapatnya susunan cangkang kerang sehingga tidak ada celah antar cangkang kerang. Sedangkan pada kerang berukuran sedang dan besar masih menyisakan celah yang cukup lebar antar cangkang kerang yang disebabkan bentuk dan ukuran cangkang kerang yang unik antara cangkang kerang yang satu dengan cangkang kerang lainnya.

4.2.2 Pengaruh ukuran kerang terhadap koefisien *scattering*

Pada pengukuran koefisien *scattering*, data yang diperoleh adalah waktu dengung seperti yang sudah dijelaskan pada bab 3. Berikut ini adalah nilai koefisien *scattering* pada sudut 60° seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Data koefisien *scattering* pada sudut 60°

Frekuensi	Kecil	Sedang	Besar
125	1.15	0.97	0.77
250	0.41	0.02	-0.27
500	0.77	-0.37	0.52
1000	0.04	0.20	0.09
2000	0.05	0.08	0.22
4000	0.42	53.60	1.05

Berdasarkan hasil nilai koefisien *scattering* yang didapatkan seperti pada Tabel 4.5 diatas, setiap variasi ukuran cangkang kerang yang digunakan memiliki karakteristik masing-masing. Pada panel dengan ukuran cangkang kerang kecil memiliki koefisien *scattering* paling besar pada frekuensi 500Hz, sedangkan pada frekuensi 125Hz didapatkan nilai koefisien *scattering* lebih dari 1. Untuk panel dengan ukuran cangkang kerang sedang memiliki koefisien *scattering* paling besar pada frekuensi 125Hz. Dan untuk panel dengan ukuran cangkang kerang besar nilai koefisien *scattering* paling besar pada frekuensi 125Hz. Pada panel dengan ukuran cangkang kerang sedang dan besar juga terjadi anomali dimana nilai koefisien *scattering* lebih dari 1 serta minus.

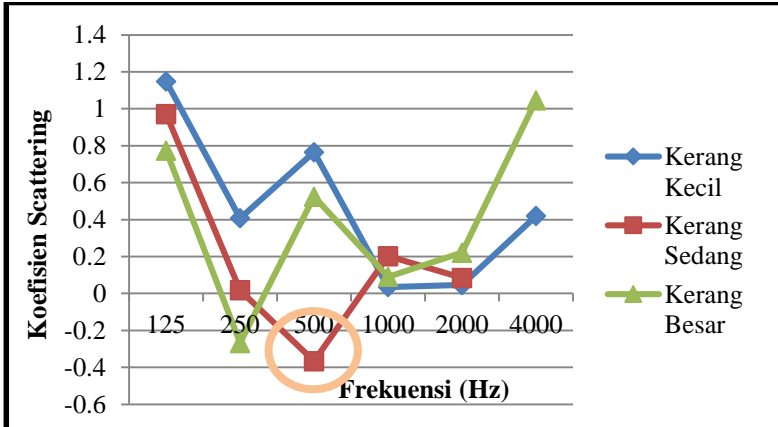
Proses pengambilan data dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Berdasarkan tiga data pengulangan tersebut diperoleh nilai yang berbeda-beda. Hal ini dapat disebabkan karena kelalaian peneliti pada proses pengukuran. Hal lain yang dapat menyebabkan anomali pada nilai koefisien *scattering* adalah jenis *speaker* yang digunakan pada pengukuran ini menghasilkan bunyi dengan tingkat tekanan yang berbeda-beda pada semua frekuensi. Sedangkan pada yang sesuai dengan standar ISO 17497-1 haruslah menggunakan *speaker* yang mampu menghasilkan bunyi dengan tingkat tekanan yang sama pada semua frekuensi. Data selengkapnya mengenai *speaker* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 6. Hal lainnya yaitu persebaran tingkat tekanan bunyi pada *reverberation room* yang kurang merata. Sedangkan pada *reverberation room* seharusnya memiliki persebaran tingkat tekanan bunyi yang sama pada semua titik didalam ruangan. Sehingga perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut tentang *reverberation room*.

Berdasarkan hasil pengukuran baik pada sudut 0°, 30°, maupun 60°, diketahui bahwa hasil yang paling baik yakni dengan menggunakan kerang berukuran kecil. Hal ini didukung dengan bentuk panel yang dibuat tersusun dari ukuran kerang yang

hampir seragam dan rapi. Sehingga hanya sedikit menyisakan celah antar kerang. Sedangkan pada panel dengan kerang berukuran sedang dan besar sudah terbentuk lekukan yang menyebabkan panjang sisi kiri dan kanan berbeda sehingga saat disusun menyebabkan adanya celah antar kerang yang cukup terlihat. Dari hasil pengukuran pengaruh ukuran cangkang kerang terhadap koefisien *scattering* memiliki karakter antara lain pada sudut 0° , kerang yang paling baik yaitu dengan menggunakan kerang berukuran kecil, pada sudut 30° yang paling baik menggunakan kerang berukuran besar, dan pada sudut 60° yang paling baik yaitu dengan menggunakan difuser dengan kerang berukuran kecil.

4.2.3 Pengaruh Frekuensi terhadap Koefisien *Scattering*

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 4.4, disajikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui pengaruh frekuensi yang digunakan terhadap ukuran kerang seperti tampak pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.5 Grafik hubungan frekuensi terhadap koefisien *scattering* pada pengukuran dengan sudut 60°

Pada Gambar 4.5 diatas dapat diketahui karakteristik dari difuser kerang berdasarkan nilai koefisien *scattering*-nya. Pola yang

terbentuk yaitu seperti pada kerang kecil dan kerang besar. Pada kerang berukuran sedang, ditemukan anomali pada frekuensi 500Hz dan 4000Hz. Nilai koefisien *scattering* dipengaruhi oleh koefisien absorpsi. Pada pengukuran sudut 60° untuk kerang berukuran sedang dengan frekuensi 500Hz diperoleh nilai T1 yaitu 6,09 sekon dan T2 yaitu 5,68 sekon. Hasil ini kemudian dimasukkan ke persamaan (3.2) untuk mendapatkan nilai koefisien absorpsi dan didapatkan nilai koefisien absorpsi yaitu 0,5. Hasil ini menunjukkan bahwa kerang berukuran sedang menyerap 50% bunyi yang datang padanya. Sedangkan 50% sisanya dipantulkan spekular dan terhambur. Sehingga, pada kerang berukuran sedang cenderung menyerap bunyi daripada menghamburkan bunyi. Apabila dilihat dari persamaan koefisien *scattering* seperti pada persamaan (2.4), maka apabila koefisien absorpsinya semakin besar, maka koefisien *scattering* yang diperoleh semakin kecil. Namun, jika bahan uji memiliki nilai koefisien absorpsi 1, seperti pada kerang berukuran sedang pada frekuensi 4000Hz, maka jika dilihat dari persamaan (2.4) koefisien *scattering* yang didapatkan adalah tak berhingga. Tak berhingga disini adalah nilai diluar kisaran koefisien *scattering* yaitu bernilai negatif atau lebih dari 1.

4.2.4 Pengaruh Frekuensi terhadap Pola Hamburan

Pada pengukuran untuk pola hamburan, data yang diperlukan adalah $SPL_{scatter}$, yaitu SPL yang dihamburkan oleh panel difuser. Nilai $SPL_{scatter}$ diperoleh dengan menggunakan perhitungan. Perhitungan untuk $SPL_{scatter}$ ini didasarkan pada metode penjumlahan desibel. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (3.4). Berikut contoh perhitungan untuk *SPL scattering*.

Dari hasil pengukuran, diperoleh nilai: $SPL_{langsung} = 87.67dB$

$SPL_{total} = 91.37dB$

Berdasarkan persamaan (3.4) maka nilai $SPL_{scatter}$ adalah:

$$P_{scatter}^2 = P_{ac}^2 \left[\left(10^{\frac{SPL_{total}}{10}} \right) - \left(10^{\frac{SPL_{langsung}}{10}} \right) \right]$$

$$P_{scatter}^2 = (2 \times 10^{-5})^2 \left[\left(10^{\frac{91.37}{10}} \right) - \left(10^{\frac{87.67}{10}} \right) \right]$$

$$P_{scatter}^2 = 0.314195426$$

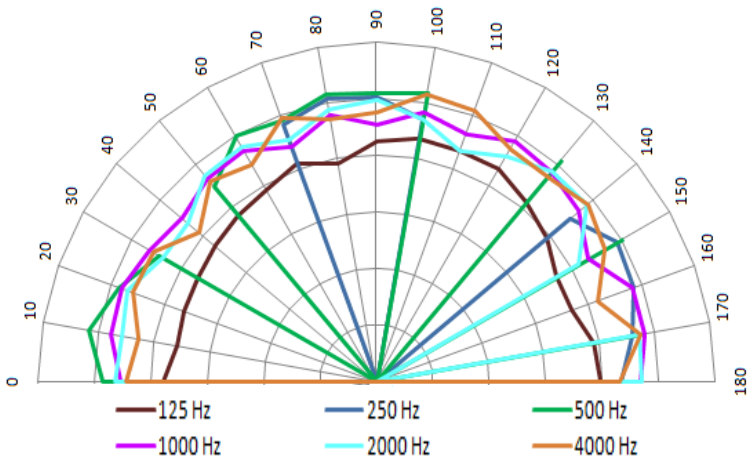
$$SPL_{scatter} = 10 \log \frac{P_{scatter}^2}{P_{ac}^2}$$

$$SPL_{scatter} = 10 \log \frac{0.314195426}{(2 \times 10^{-5})^2}$$

$$SPL_{scatter} = 88.95 \text{ dB}$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan nilai $SPL_{scatter}$ untuk semua jenis variasi yang digunakan. Data selengkapnya untuk nilai $SPL_{scatter}$ dapat dilihat pada Lampiran 4.

Agar lebih memudahkan proses analisa, maka data hasil perhitungan $SPL_{scatter}$ disajikan dalam bentuk diagram polar seperti pada Gambar 4.6 berikut.



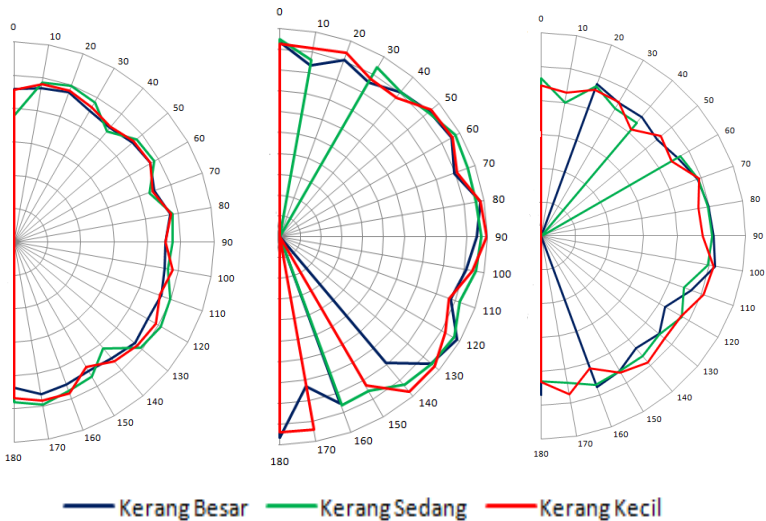
Gambar 4.6 Grafik pola hamburan panel difuser dengan kerang berukuran kecil

Sesuai Gambar 4.6 dapat dilihat pula bahwa pada frekuensi 1000Hz, 2000Hz, dan 4000Hz, memiliki kemampuan menghamburkan bunyi yang hampir sama. Sedangkan pada frekuensi 125Hz, 250Hz, dan 500Hz, masih banyak terjadi anomali.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan persamaan (3.4), diketahui bahwa ukuran kerang yang digunakan memiliki karakter yang berbeda. Misalnya pada difuser dengan kerang berukuran kecil memiliki pola hamburan yang baik pada frekuensi 125Hz, 1000Hz, dan 4000Hz. Secara teori, gelombang bunyi akan dipantulkan secara terhambur ketika panjang gelombang (λ) bunyi datang lebih besar daripada luas permukaan datar. Sedangkan apabila panjang gelombang (λ) bunyi lebih kecil daripada luas permukaan datar maka bunyi akan dipantulkan spekulat. Jika mengacu pada teori ini maka pada frekuensi 250Hz bunyi datang akan dipantulkan secara terhambur. Akan tetapi hasil pengukuran menunjukkan hasil yang berbeda dimana bentuk bentuk yang dihasilkan melengkung curam. Hal ini dikarenakan karakter dari sifat kerang tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa kerang ini memiliki ciri khas yang perlu diteliti lebih lanjut.

4.2.5 Pengaruh Ukuran Kerang terhadap Pola Hamburan

Pada subbab ini akan dibahas mengenai pengaruh ukuran kerang yang digunakan terhadap pola hamburan yang dihasilkan. Agar lebih memudahkan proses analisa maka data hasil perhitungan *SPLscatter* disajikan dalam bentuk grafik polar seperti tampak pada Gambar 4.7 sehingga dapat diketahui pola persebarannya.



(a) (b) (c)
Gambar 4.7 Grafik pola hamburan pada (a) frekuensi 1000Hz (b) frekuensi 2000Hz (c) frekuensi 4000Hz

Pada Gambar 4.7 diketahui bahwa kemampuan panel difuser yang dibuat baik dengan menggunakan cangkang kerang berukuran kecil, sedang, maupun besar memiliki kemampuan yang sama dalam menghamburkan bunyi pada frekuensi 1000Hz. Pada Gambar 4.7(b) untuk kerang berukuran kecil diketahui bahwa pada frekuensi 2000Hz pada sudut 160° dan kerang berukuran besar pada sudut 150° , terjadi anomali dimana nilai SPL_{langsung} lebih besar daripada SPL_{total} . Hal ini dikarenakan adanya interferensi bunyi dengan dinding dalam ruang uji.

Jika dilihat dari banyaknya anomali yang terjadi, maka pada frekuensi 2000Hz yang paling baik adalah menggunakan difuser dengan kerang berukuran kecil dan besar. Sedangkan pada frekuensi 4000Hz pola hamburan yang paling baik adalah difuser dengan kerang berukuran kecil. Untuk grafik selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Berdasarkan Gambar 4.7 ketiga difuser/bahan uji yang digunakan memiliki hasil pola hamburan

yang paling baik pada frekuensi 1000Hz. Sehingga berdasarkan Gambar 4.5, pola hamburan yang didapatkan hampir sama, maka dapat dilakukan penelitian selanjutnya dengan membuat bahan uji difuser yang tersusun dari kerang berukuran besar, sedang, dan kecil dalam satu panel yang dapat digunakan pada aplikasinya pada frekuensi 1000Hz.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Besarnya nilai koefisien *scattering* (s) dengan variasi sudut pengukuran memberikan karakter khusus pada kerang untuk:
 - a. Pada sudut 0° yang memiliki performa paling maksimal adalah difuser dengan kerang berukuran sedang.
 - b. Pada sudut 30° yang memiliki performa paling maksimal adalah difuser dengan kerang berukuran besar.
 - c. Pada sudut 60° yang memiliki performa paling maksimal adalah difuser dengan kerang berukuran kecil.
2. Pola hamburan ketiga difuser memiliki performa paling maksimal pada frekuensi 1000Hz, dan kurang sesuai pada frekuensi 250Hz. Difuser dengan kerang berukuran kecil memiliki nilai koefisien *scattering* (s) yang sesuai jika dibandingkan dengan kerang berukuran besar dan sedang.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini yaitu:

1. Diperlukan evaluasi lebih lanjut tentang karakter ruang uji sebelum dilakukan pengukuran yang menggunakan ruang uji tersebut.
2. Diperlukan pengujian dengan bahan berbeda tetapi dengan bentuk dan ukuran yang sama dengan panel difuser yang dibuat agar dapat diketahui karakter khusus dari kerang.
3. Diperlukan analisa lebih lanjut dengan menggunakan susunan yang terdiri dari ukuran kecil, sedang, dan besar sehingga dapat diaplikasikan dalam akustika ruang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, DRS. 2010. “Tinjauan Akustik Perancangan Interior Gedung Pertunjukan”. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Armando, Arif. 2013. “Pemanfaatan Limbah Kerang Sipping Menjadi Elemen Estetika Bangunan”. Universitas Brawijaya.
- Broom, M.J. - 1985. *The biology and culture of marine bivalve molluscs of the genus Anadara*. ICLARM Stud. Rev.12, 37 p.(ISSN 0115-4389, ISBN 971-1022-21-4).
- D’Antonio P, TJ Cox. 2004. *“Acoustic absorbers and diffuser: theory, design and application”*. Spoon Press : London.
- Doelle, Leslie L. 1972. *“Environmental Acoustic”*. McGraw-Hill: USA.
- Everest Alton F, Ken. C Pohlmann. 2009. *“Master Handbook of Acoustic”*. McGraw-Hill : 257-259.
- Farina, Angelo. *“Measurement of the surface scattering coefficient: comparison of the Mommertz/Vorlander approach with the new Wave Field Synthesis method”*. Industrial Engineering Dept. University of Parma: Italy.
- ISO 174971:2004. *Acoustics -- Sound-scattering properties of surfaces -- Part 1: Measurement of the random-incidence scattering coefficient in a reverberation room*
- Jeon YJ, Sung CL, Michael V. 2004. *“Development of Scattering Surfaces for Concert Halls”*. Applied Acoustics 65:341-355.
- Latifah, A. 2011. “Karakteristik Morfologi Kerang Darah”. Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor; Bogor.
- Liana, Margiasih P. 2015. “Analisis Perbandingan Komposisi Material Akustik Serbuk Cangkang Kerang Hijau (Perna

viridis) Serta Agent Foam untuk Peningkatan Insulasi dan Daya Absorpsi Bunyi”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Linnaeus, Carl. 1758. “*Systema Naturae*”.

Mills, Edward D. 1976. “*Planning*”. London: Newness-Butterworth

Werner Hans, S. 1981. “*More on the Diffraction Theory of Schroeder Diffusers*”, J.Acoust.Soc. Am.70,633.

<http://www.hunecke.de/en/knowledge/diffusors/qrd.html> diakses pada tanggal 1 Oktober 2015

<http://www.hunecke.de/en/knowledge/diffusors/geometrical-structures.html> diakses pada tanggal 1 Oktober 2015

<http://www.hunecke.de/en/knowledge/diffusors/mls.html> diakses pada tanggal 2 Oktober 2015

<http://www.xix-acoustics.com/> diakses pada tanggal 2 Oktober 2015

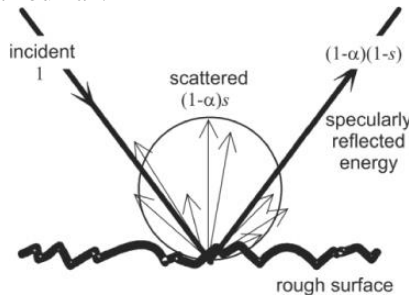
<http://urbantoronto.ca/news/2010/09/sony-centre-formerly-okeefe-centre-back-after-major-renovation> diakses pada tanggal 20 Februari 2016

http://www.vias.org/albert_ecomm/aec02_acoustic_transmission_sound.html diakses pada tanggal 15 Maret 2016

LAMPIRAN 1

PENURUNAN RUMUS S (Koefisien *Scattering*)

Sebuah gelombang bunyi datang dan mengenai suatu permukaan akan mengalami beberapa peristiwa yaitu diserap, dipantulkan spekular, dan dihamburkan. Bunyi yang datang akan diserap sebagian energinya oleh permukaan bergantung dari koefisien penyerapan bahannya. Energi yang tersisa akan dipantulkan secara spekular dan dihamburkan.



Koefisien hamburan didefinisikan sebagai perbandingan antara energi terpantul acak (terhambur) dan energi terpantul total (spekular + terhambur). Komponen spekular adalah energi yang terpantul dengan cara yang sama seperti bunyi mengenai permukaan datar yang ukurannya lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang datang yakni bunyi akan dipantulkan dengan sudut pantul yang sama besar dengan sudut datangnya.

Berdasarkan gambar:

$$E_{\text{datang}} = E_{\text{serap}} + E_{\text{pantul total}}$$

Dimana:

- E_{datang} : Jumlah total energi datang
- E_{serap} : energi yang diserap oleh permukaan
- $E_{\text{pantul total}}$: energi yang dipantulkan spekular dan terhambur

Koefisien hamburan didefinisikan dengan tidak memperhitungkan bagaimana energi terhambur distribusikan. Koefisien hamburan bergantung pada frekuensi dan sudut datang.

Energi terpantul spekular dinyatakan sebagai:

$$E_{spec} = (1 - \alpha)(1 - S) \equiv (1 - \alpha_{spec})$$

$$E_{pantul\ total} = 1 - \alpha$$

Dimana :

E_{spec} : energi pantul total dikurangi dengan energi terhambur

$E_{pantul\ total}$: energi datang dikurangi energi yang diserap

S : koefisien hamburan

α : koefisien penyerapan difuser

α_{SPEC} : koefisien penyerapan spekular

koefisien hamburan:

$$S = \frac{E_{scat}}{E_{pantul\ total}}$$

$$S = \frac{E_{pantul\ total} - E_{spec}}{E_{pantul\ total}}$$

$$S = 1 - \frac{E_{spec}}{E_{pantul\ total}}$$

Dimana:

E_{scat} = $E_{pantul\ total} - E_{spec}$

E_{spec} = $E_{pantul\ total} - E_{scat}$

$E_{pantul\ total}$ = $E_{datang} - E_{serap}$

Sedangkan

$$\alpha = \frac{E_{serap}}{E_{datang}} = \frac{\text{energi yang tidak terpantul}}{E_{datang}}$$

Dan,

$$\alpha_{spec} = \frac{E_{serap} + E_{scat}}{E_{datang}} = \frac{\text{energi yang tidak terpantul spekular}}{E_{datang}}$$

$$E_{pantul\ total} \cdot S = E_{scat}$$

$$E_{pantul\ total} \cdot S = (E_{scat} + E_{scat}) - E_{scat}$$

$$E_{pantul\ total} \cdot S = \left(\frac{E_{scat} + E_{scat}}{E_{datang}} \right) E_{datang} - E_{serap}$$

$$(E_{datang} - E_{serap}) \cdot S = \alpha_{spec} \cdot E_{datang} - \alpha \cdot E_{serap}$$

$$E_{datang} \left(1 - \frac{E_{serap}}{E_{datang}} \right) \cdot S = \alpha_{spec} \cdot E_{datang} - \alpha \cdot E_{serap}$$

$$E_{datang} (1 - \alpha) \cdot S = (\alpha_{spec} - \alpha) E_{serap}$$

Sehingga:

$$(1 - \alpha) \cdot S = (\alpha_{spec} - \alpha)$$

$$S = \frac{\alpha_{spec} - \alpha}{1 - \alpha}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2

PENURUNAN RUMUS KOEFISIEN PENYERAPAN DAN KOEFISIEN PENYERAPAN SPEKULAR

Waktu dengung yang digunakan yaitu dengan waktu dengung sabine, yaitu:

$$T = \frac{0.16 V}{A} = \frac{0.16V}{S_n \alpha_n}$$

Sehingga, waktu dengung ruang adalah

$$T = \frac{0.16 V}{A_{ruang}} = \frac{0.16V}{S_{ruang} \alpha_{ruang}}$$

Apabila di dalam ruang terdapat *turntable* (meja putar), maka persamaan T menjadi

$$T_1 = \frac{0.16 V}{A_{ruang} + A_{turntable}}$$

$$T_1 = \frac{0.16V}{(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable})}$$

$$(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) = \frac{0.16 V}{T_1} \quad (L2.1)$$

Dan apabila di atas *turntable* diletakkan diffuser dengan luas tidak sama dengan *turntable* maka persamaan T menjadi

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{0.16V}{A_{rusng} + A_{turntable} - A_{turntable} + A_{difuser}} \\ &= \frac{0.16V}{(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - (\alpha_{turntable} S_{turntable}) + (S_{difuser} \alpha_{difuser})} \end{aligned}$$

Apabila di atas *turntable* diletakkan difuser dengan luas sama dengan *turntable* tetapi tidak berputar, maka persamaan T menjadi

$$T_2 = \frac{0,16V}{A_{ruang} + A_{ruang} - (\alpha_{turntable} S_{turntable}) + S_{turntable} \alpha_{difuser}}$$

$$= \frac{0,16V}{S_{ruang} \alpha_{ruang} + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser})}$$

Dapat ditulis dengan

$$S_{ruang} \alpha_{ruang} + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) = \frac{0,16 V}{T_2} \quad (L2.2)$$

Dengan mengurangi persamaan L2.2 dengan persamaan L2.1 didapatkan

$$(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) = \frac{0,16 V}{T_2}$$

$$(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) = \frac{0,16 V}{T_1} \quad \text{---}$$

$$-S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) = 0,16 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (L2.3)$$

Karena $-S \cdot \alpha_{turntable}$ bernilai sangat kecil, maka dapat diabaikan sehingga persamaan L2.3 menjadi

$$\alpha_{difuser} = 0,16V \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Sedangkan untuk α_{spec} ,

Apabila di dalam ruang terdapat *turntable* (meja putar) yang berputar, maka persamaan T menjadi

$$T_3 = \frac{0,16V}{A_{ruang} + A_{turntable}} = \frac{0,16V}{(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable})}$$

$$(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) = \frac{0.16 V}{T_3} \quad (L2.4)$$

Apabila di atas *turntable* diletakkan difuser dengan luas sama dengan *turntable* tetapi berputar, maka persamaan T menjadi

$$\begin{aligned} T_4 &= \frac{0,16V}{A_{ruang} + A_{turntable} - (\alpha_{turntable} S_{turntable}) + S_{turntable} \alpha_{difuser}} \\ &= \frac{0,16V}{S_{ruang} \alpha_{ruang} + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser})} \end{aligned}$$

Dapat pula ditulis dengan

$$S_{ruang} \alpha_{ruang} + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) = \frac{0.16 V}{T_4} \quad (L2.5)$$

Dengan mengurangkan persamaan L2.5 dengan persamaan L2.4 didapatkan

$$\begin{aligned} (S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) &= \frac{0.16 V}{T_4} \\ (S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) &= \frac{0.16 V}{T_3} \quad \text{---} \\ -S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) &= 0.16V \left(\frac{1}{T_4} - \frac{1}{T_3} \right) \quad (L2.6) \end{aligned}$$

Karena $-S \cdot \alpha_{turntable}$ bernilai sangat kecil, maka dapat diabaikan sehingga persamaan L2.6 menjadi

$$\alpha_{specular} = 0.16V \left(\frac{1}{T_4} - \frac{1}{T_3} \right)$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 3

DATA PENGUKURAN WAKTU DENGUNG (T1, T2, T3, T4) DAN KOEFISIEN *SCATTERING*

Tabel L3.1 Data waktu dengung T1 dan T2 pada sudut pengukuran 0°

Frek.	T1 (s)		T2 (s)					
		stdev	Kecil	stdev	Sedang	stdev	Besar	stdev
125	14.23	1.76	14.73	0.38	15.18	0.16	16.92	0.38
250	15.06	0.61	15.61	0.11	16.50	0.14	17.13	0.42
500	13.23	1.00	13.22	0.20	12.24	0.10	12.70	0.59
1000	7.48	0.51	8.32	0.34	7.65	0.08	8.20	0.35
2000	5.39	1.75	5.06	0.09	4.97	0.07	5.19	0.26
4000	21.70	0.42	20.56	0.18	20.56	0.02	20.64	0.33

Tabel L3.2 Data waktu dengung T3 dan T4 pada sudut pengukuran 0°

Frek.	T3 (s)		T4 (s)					
		stdev	Kecil	stdev	Sedang	stdev	Besar	stdev
125	15.15	0.06	15.71	0.49	17.44	0.64	16.24	0.29
250	15.46	0.07	15.91	0.09	15.78	0.57	17.22	0.46
500	13.41	0.14	13.28	0.36	11.15	0.96	13.12	0.41
1000	8.19	0.07	8.22	0.15	7.66	0.51	8.23	0.31
2000	5.01	0.06	4.75	0.08	4.82	1.32	5.43	0.29
4000	20.58	0.11	21.02	0.43	20.97	1.60	20.41	0.23

Tabel L3.3 Data waktu dengung T1 dan T2 pada sudut pengukuran 30°

Frek.	T1		Kecil		Besar		Sedang			
		stdev	T2	stdev	T2	stdev	T1	stdev	T2	stdev
125	3.90	0.65	4.49	0.41	3.19	0.29	26.55	4.45	17.01	1.08
250	8.50	0.16	7.90	0.11	7.57	0.19	16.09	2.25	16.45	0.41
500	6.48	0.04	6.36	0.20	6.22	0.09	6.89	0.10	9.55	1.86
1000	6.33	0.13	6.31	0.19	6.54	0.08	6.75	0.02	7.31	1.78
2000	8.41	0.27	9.04	0.29	8.87	0.26	4.64	0.05	4.65	1.43
4000	6.49	0.34	4.84	0.27	5.72	0.54	3.45	0.04	5.00	4.85

Tabel L3.4 Data waktu dengung T3 dan T4 pada sudut pengukuran 30°

Frek.	T3		Kecil		Besar		Sedang			
		stdev	T4	stdev	T4	stdev	T3	stdev	T4	stdev
125	3.14	0.04	3.94	0.07	3.21	0.35	18.85	0.03	17.98	0.72
250	8.64	0.09	8.64	0.44	7.59	0.18	17.45	0.63	14.68	0.86
500	6.52	0.05	6.30	0.04	6.11	0.10	18.18	0.59	15.06	5.57

Frek.	T3		Kecil		Besar		Sedang			
		stdev	T4	stdev	T4	stdev	T3	stdev	T4	stdev
1000	6.35	0.02	6.41	0.13	6.50	0.15	16.69	0.09	11.84	3.88
2000	8.74	0.09	8.99	0.17	9.00	0.20	16.20	0.11	10.36	4.25
4000	5.85	0.06	4.96	0.20	5.54	0.14	17.90	0.17	16.17	8.81

Tabel L3.5 Data waktu dengung T1 dan T2 pada sudut pengukuran 60°

Frek.	T1 (s)		T2 (s)					
		stdev	Kecil	stdev	Sedang	stdev	Besar	stdev
125	3.40	0.15	2.07	1.07	3.85	0.20	1.84	1.14
250	7.52	0.16	7.49	0.30	7.12	0.15	7.41	0.04
500	6.09	0.04	6.04	0.24	5.68	0.13	6.08	0.19
1000	6.00	0.05	6.21	0.19	5.93	0.04	6.12	0.07
2000	8.26	0.14	8.47	0.17	8.55	0.10	8.41	0.20
4000	7.10	0.29	4.71	0.38	6.36	0.33	5.49	0.46

Tabel L3.6 Data waktu dengung T3 dan T4 pada sudut pengukuran 60°

Frek.	T3 (s)		T4 (s)					
		stdev	Kecil	stdev	Sedang	stdev	Besar	stdev
125	3.28	0.22	3.38	0.20	3.13	0.26	2.67	0.23
250	7.62	0.17	7.24	0.16	7.21	0.10	7.73	0.29
500	6.18	0.10	5.73	0.15	5.80	0.05	5.87	0.19
1000	6.10	0.11	6.29	0.18	5.93	0.11	6.16	0.08
2000	8.59	0.35	8.75	0.02	8.76	0.15	8.45	0.19
4000	6.51	1.06	4.96	0.17	6.41	0.23	5.93	0.43

Tabel L3.7 Data koefisien *scattering* pada sudut pengukuran 0°

Frekuensi (Hz)	kecil	sedang	besar
125	0.00	-0.21	0.25
250	0.03	0.20	0.06
500	0.04	0.91	-0.11
1000	0.44	0.60	0.40
2000	-0.28	-66.65	-2.67
4000	-0.26	-0.26	-0.15

Tabel L3.8 Data koefisien *scattering* pada sudut pengukuran 30°

Frekuensi (Hz)	kecil	sedang	besar
125	-0.62	3.68	1.57
250	-1.25	0.70	0.92
500	0.19	0.92	0.40
1000	-0.12	1.31	0.06
2000	0.21	2.14	0.13
4000	0.60	0.90	2.43

Tabel L3.9 Data koefisien *scattering* pada sudut pengukuran 60°

Frekuensi (Hz)	kecil	sedang	besar
125	1.15	0.97	0.77
250	0.41	0.02	-0.27
500	0.77	-0.37	0.52
1000	0.04	0.20	0.09
2000	0.05	0.08	0.22
4000	0.42	53.60	1.05

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 4

DATA PENGUKURAN POLA HAMBURAN

Tabel L4.1 Data hasil pengukuran SPL langsung

Sudut	SPL (dB)											
	125 Hz	stdev v	250 Hz	stdev (±)	500 Hz	stdev (±)	1000 Hz	stdev (±)	2000 Hz	stdev (±)	4000 Hz	stdev (±)
0	75.23	0.23	91.50	0.10	100.43	0.57	90.00	0.10	91.57	0.29	87.67	0.40
10	78.87	0.06	98.00	0.10	87.33	0.31	89.97	0.35	85.73	0.47	96.33	0.55
20	79.00	0.10	100.00	0.10	101.40	0.20	93.73	0.47	95.67	0.25	88.27	0.35
30	78.27	0.06	98.07	0.12	100.17	0.25	84.27	0.40	93.33	0.32	88.43	0.31
40	79.37	0.15	99.40	0.53	102.73	0.57	82.50	0.95	95.67	0.31	92.13	0.40
50	83.23	0.06	100.83	0.15	105.07	0.47	89.97	0.15	95.70	0.46	94.50	0.44
60	87.20	0.10	99.77	0.15	101.57	0.32	93.93	0.72	95.70	0.44	93.20	0.53
70	89.37	0.15	96.93	0.06	105.93	0.15	83.43	0.64	96.57	0.25	93.63	2.05
80	91.33	0.06	96.47	0.50	100.00	0.36	85.33	0.38	89.27	0.72	97.00	0.20
90	92.17	0.06	98.10	0.10	95.70	0.30	85.97	0.55	90.97	0.78	87.83	0.40
100	91.03	0.15	96.27	0.21	103.60	0.10	80.10	0.82	92.73	0.25	93.43	0.15
110	90.10	0.17	99.03	0.47	105.40	0.20	90.93	0.25	99.27	0.21	100.60	0.35
120	87.63	0.06	101.73	0.12	106.53	0.12	96.43	0.35	94.33	0.25	98.37	0.15
130	84.67	0.06	102.83	0.15	104.73	0.15	91.83	0.21	97.77	0.15	97.10	0.26
140	80.93	0.06	102.30	0.10	104.23	0.06	89.27	0.12	95.40	0.26	97.77	0.12
150	80.00	0.10	98.23	0.15	93.20	0.20	92.47	0.35	97.67	0.12	97.23	0.21
160	81.13	0.06	94.07	0.32	102.53	0.40	94.37	0.15	97.47	0.47	95.90	0.26
170	81.60	0.10	87.83	0.06	102.13	0.35	87.90	0.26	94.00	0.40	95.97	0.12
180	80.40	0.10	92.33	0.51	104.50	0.30	90.27	0.21	93.37	0.55	97.83	0.87

Tabel L4.2 Data hasil pengukuran SPL_{total} untuk kerang berukuran kecil

Sudut	SPL (dB)											
	125 Hz	stdev (±)	250 Hz	stdev (±)	500 Hz	stdev (±)	1000 Hz	stdev (±)	2000 Hz	stdev (±)	4000 Hz	stdev (±)
0	78.50	0.10	83.33	0.58	102.10	0.26	93.53	0.15	95.23	0.21	91.37	0.51
10	79.70	0.10	93.10	0.10	103.87	0.15	96.83	0.06	92.83	0.72	96.70	0.10
20	79.93	0.06	99.50	0.69	102.80	0.10	98.30	0.20	97.93	0.15	93.60	0.10
30	79.50	0.61	97.80	0.10	100.50	0.10	93.53	0.49	94.33	0.49	93.10	0.10
40	80.67	0.31	99.30	0.20	102.50	0.10	90.70	0.56	96.27	0.31	92.53	0.40
50	84.03	0.06	96.23	3.67	105.20	0.10	95.10	0.20	98.30	0.36	96.47	0.25
60	87.73	0.06	96.00	0.06	103.93	0.15	97.13	0.15	98.70	0.20	94.53	0.35
70	90.10	0.10	99.83	0.15	106.57	0.31	89.67	0.51	97.53	0.15	100.13	0.31
80	91.53	0.15	102.70	0.78	104.63	1.10	95.87	0.15	98.30	0.10	98.77	0.76
90	92.93	0.06	102.57	0.76	102.87	0.67	91.87	0.85	100.00	0.20	95.77	0.15
100	92.53	0.06	98.40	0.10	106.53	0.35	96.70	0.10	96.40	0.36	103.53	0.50
110	91.80	0.10	96.00	0.06	103.53	0.23	95.09	0.43	99.50	0.44	104.13	0.35
120	90.20	0.10	96.15	0.15	102.37	0.38	100.37	0.31	96.27	0.21	99.97	0.21
130	86.73	0.15	100.35	0.21	106.43	0.06	97.77	0.35	100.37	0.25	99.03	0.06
140	83.13	0.23	102.53	0.15	104.00	0.26	95.10	0.10	99.23	0.15	100.67	0.25
150	80.97	0.06	101.37	0.15	100.80	0.66	93.50	0.10	97.80	0.53	98.73	0.15
160	81.87	0.15	98.80	0.72	102.23	0.15	98.53	0.50	96.93	0.25	96.13	0.55
170	83.27	0.06	93.63	0.38	102.97	0.15	97.17	0.32	97.10	0.10	98.50	0.20
180	83.03	0.21	93.37	0.32	102.97	0.75	95.47	0.40	96.67	0.40	98.13	0.76

Tabel L4.3 Data hasil pengukuran SPL_{total} untuk kerang berukuran sedang

Sudut	SPL (dB)											
	125 Hz	stdev (±)	250 Hz	stdev (±)	500 Hz	stdev (±)	1000 Hz	stdev (±)	2000 Hz	stdev (±)	4000 Hz	stdev (±)
0	76.40	0.61	91.53	0.21	104.73	0.32	90.17	0.06	96.43	0.15	94.20	0.20
10	79.13	0.21	96.90	0.78	94.67	0.15	97.90	0.10	88.87	0.15	96.43	0.15
20	79.33	0.40	98.73	0.81	101.90	0.10	100.53	0.35	95.67	0.21	95.03	0.72
30	78.93	0.06	98.60	0.53	100.70	0.53	96.70	0.17	96.50	0.40	90.80	0.72
40	81.13	0.23	99.43	0.06	103.20	0.60	87.93	0.64	96.80	0.26	93.30	0.10
50	84.30	0.26	98.97	0.06	105.07	0.15	96.73	0.32	97.53	0.42	94.43	0.40
60	87.87	0.15	94.60	0.87	101.73	0.15	98.83	0.31	99.67	0.15	96.90	0.26
70	90.37	0.21	86.80	4.18	106.10	0.44	88.03	0.35	99.30	0.36	99.60	0.10
80	92.03	0.12	91.80	0.70	104.67	0.31	96.73	0.21	96.40	0.26	101.30	0.26
90	92.90	0.26	93.05	0.21	105.53	0.15	95.43	0.25	97.73	0.25	100.57	0.21
100	92.80	0.10	83.00	7.07	105.13	0.21	93.77	1.66	97.33	0.06	100.30	0.87
110	91.50	0.30	92.83	0.06	106.27	0.15	99.97	0.90	99.97	0.12	100.90	0.60
120	89.87	0.06	96.57	0.06	106.80	0.00	102.40	0.20	98.63	0.40	100.13	0.15
130	87.33	0.15	99.37	0.15	106.67	0.35	99.43	0.21	99.63	0.35	97.97	0.06
140	83.07	0.15	101.77	0.15	104.80	0.46	90.17	0.15	97.40	0.20	98.90	0.10
150	81.50	0.10	100.57	0.15	100.53	0.25	95.83	0.46	97.93	0.47	98.37	0.60
160	81.70	0.10	96.13	0.93	103.43	0.15	97.53	0.12	97.80	0.53	97.87	0.42
170	82.07	0.06	88.47	0.32	104.13	0.21	99.07	0.25	93.67	0.31	96.60	0.26
180	82.17	0.55	94.87	0.15	104.57	0.21	96.70	0.36	93.70	0.46	98.10	0.53

Tabel L4.4 Data hasil pengukuran SPL_{total} untuk kerang berukuran besar

Sudut	SPL (dB)											
	125 Hz	stdev (±)	250 Hz	stdev (±)	500 Hz	stdev (±)	1000 Hz	stdev (±)	2000 Hz	stdev (±)	4000 Hz	stdev (±)
0	75.67	0.15	86.83	0.21	101.43	0.81	93.87	0.25	95.73	0.21	94.87	0.15
10	78.17	0.06	93.87	1.16	101.27	0.59	94.93	0.06	87.80	0.53	96.17	0.21
20	78.67	0.12	99.87	0.15	101.53	0.21	97.60	0.10	96.80	0.36	96.50	0.10
30	78.87	0.06	98.23	0.45	100.33	0.45	91.37	0.15	94.03	0.21	92.87	0.61
40	79.93	0.06	99.50	0.30	101.50	0.10	90.03	0.21	96.90	0.26	95.13	0.64
50	83.97	0.06	97.90	0.10	105.37	0.23	94.43	0.21	97.77	0.25	95.57	0.15
60	87.13	0.15	93.93	0.40	104.07	0.90	97.20	0.10	98.57	0.15	95.93	0.31
70	89.87	0.06	94.50	0.00	105.37	0.23	90.43	0.31	97.33	0.40	99.23	0.55
80	91.77	0.06	99.87	0.06	106.37	0.15	95.47	0.35	98.40	0.20	101.77	0.15
90	92.60	0.10	103.90	0.10	104.60	0.36	92.00	0.35	96.23	0.55	101.47	0.45
100	92.50	0.10	98.87	0.80	105.57	0.38	91.73	0.23	94.87	0.55	104.13	0.67
110	91.43	0.31	93.87	0.67	106.03	0.90	95.57	0.21	99.53	0.12	101.43	0.78
120	89.57	0.06	96.47	0.06	106.87	0.15	97.97	0.25	99.80	0.20	98.53	0.32
130	86.43	0.25	100.13	0.15	106.63	0.21	96.40	0.36	99.57	0.35	97.93	0.15
140	82.80	0.20	101.97	0.32	105.67	0.21	93.23	0.15	95.50	0.10	98.10	0.52
150	80.97	0.15	100.43	0.21	96.37	0.38	94.23	0.06	97.60	0.35	98.43	0.06
160	81.27	0.15	100.00	0.70	102.70	0.36	96.00	0.10	97.70	0.20	98.67	0.49
170	82.50	0.10	92.73	1.45	102.60	1.11	93.93	0.06	94.03	0.57	92.87	0.15
180	93.17	0.15	94.07	0.15	102.43	0.06	92.13	0.06	98.13	0.64	99.40	0.10

Tabel L4.5 Data hasil pengukuran $SPL_{scatter}$ untuk kerang berukuran besar

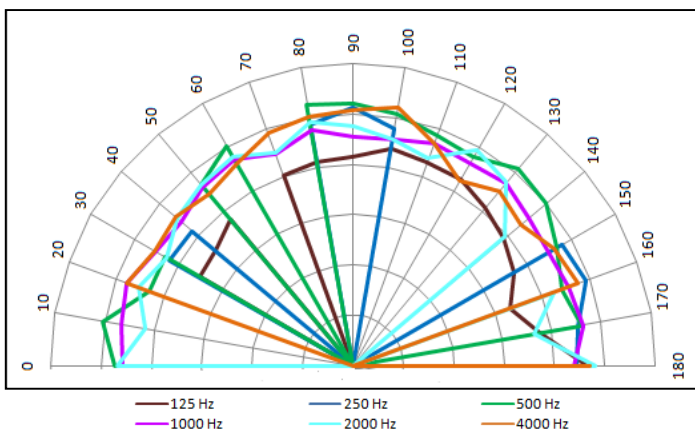
Sudut	SPL scatter (dB)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
0	65.44	0.00	94.57	91.57	93.64	93.95
10	0.00	0.00	101.09	93.27	83.58	0.00
20	0.00	0.00	86.34	95.30	90.41	95.79
30	69.97	83.99	86.09	90.42	85.76	90.93
40	70.81	83.07	0.00	89.19	90.83	92.11
50	75.88	0.00	93.61	92.51	93.55	88.95
60	0.00	0.00	100.48	94.43	95.41	92.63
70	80.23	0.00	0.00	89.47	89.42	97.83
80	81.54	97.21	105.23	95.02	97.83	100.00
90	82.38	102.57	104.00	90.75	94.70	101.27
100	87.07	95.40	101.18	91.42	90.76	103.75
110	85.66	0.00	97.36	93.74	87.28	93.85
120	85.12	0.00	95.55	92.70	98.35	84.29
130	81.67	0.00	102.13	94.53	94.87	90.35
140	78.23	0.00	100.16	91.01	79.07	86.79
150	73.97	96.43	93.51	89.47	0.00	92.26
160	66.07	98.72	88.46	90.96	84.89	95.40
170	75.22	91.04	92.68	92.69	72.87	0.00
180	92.93	89.24	0.00	87.57	96.37	94.21

Tabel L4.6 Data hasil pengukuran $SPL_{scatter}$ untuk kerang berukuran sedang

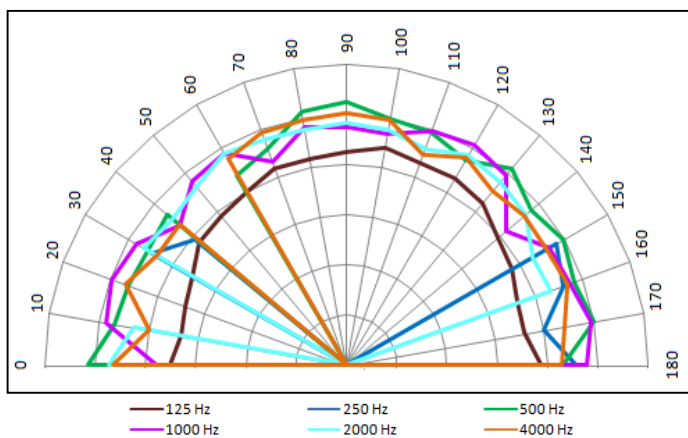
Sudut	SPL scatter (dB)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
0	70.12	70.37	102.72	75.92	94.72	93.11
10	66.88	0.00	93.78	97.14	85.98	80.01
20	68.02	0.00	92.26	99.52	0.00	94.01
30	70.47	89.23	91.33	96.44	93.64	87.03
40	76.37	78.27	93.28	86.47	90.41	87.02
50	77.68	0.00	0.00	95.71	92.90	0.00
60	79.40	0.00	87.49	97.14	97.44	94.48
70	83.50	0.00	91.86	86.18	95.99	98.33
80	83.76	0.00	102.85	96.41	95.47	99.28
90	84.81	0.00	105.06	94.91	96.71	100.33
100	88.04	0.00	99.87	93.58	95.48	99.30
110	85.90	0.00	98.84	99.39	91.69	89.14
120	85.91	0.00	94.55	101.13	96.62	95.37
130	83.95	0.00	102.22	98.60	95.07	90.54
140	78.96	0.00	95.68	82.89	93.07	92.51
150	76.15	96.75	99.65	93.14	85.68	91.98
160	72.58	91.92	96.16	94.67	86.49	93.48
170	72.15	79.79	99.80	98.72	0.00	87.93
180	77.41	91.32	86.39	95.58	82.39	85.85

Tabel L4.7 Data hasil pengukuran $SPL_{scatter}$ untuk kerang berukuran kecil

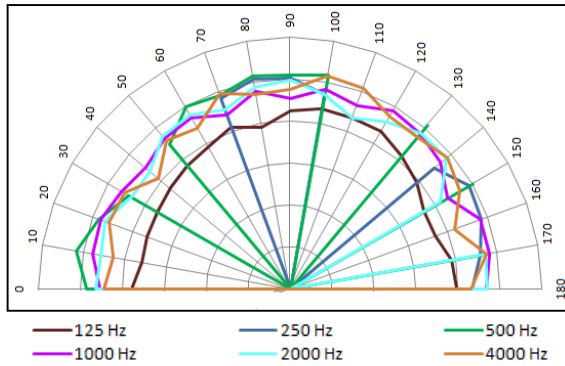
Sudut	SPL scatter (dB)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
0	75.73	0.00	97.13	90.99	92.79	88.95
10	72.12	0.00	103.77	95.83	91.89	85.78
20	72.80	0.00	97.20	96.43	94.03	92.10
30	73.43	0.00	89.19	92.99	87.47	91.29
40	74.79	0.00	0.00	89.99	87.37	81.98
50	76.29	0.00	90.01	93.51	94.84	92.08
60	78.36	0.00	100.17	94.30	95.68	88.76
70	82.01	96.71	97.89	88.49	90.53	99.03
80	78.07	101.52	102.80	95.46	97.72	94.01
90	85.02	100.65	101.94	90.58	99.42	95.00
100	87.19	94.29	103.44	96.60	93.96	103.09
110	86.90	0.00	0.00	92.99	86.69	101.59
120	86.70	0.00	0.00	98.12	91.82	94.85
130	82.52	0.00	101.54	96.49	96.90	94.59
140	79.13	89.72	0.00	93.79	96.91	97.54
150	73.97	98.48	99.97	86.76	82.61	93.39
160	73.78	97.02	0.00	96.44	0.00	83.32
170	78.30	92.31	95.39	96.62	94.18	94.95
180	79.61	86.62	0.00	93.91	93.93	86.38



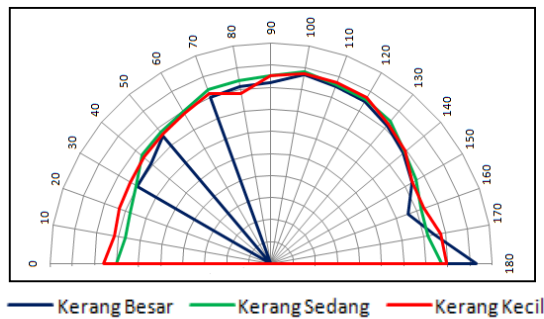
Gambar L7.1 Grafik pola hamburan pada difuser dengan kerang berukuran besar



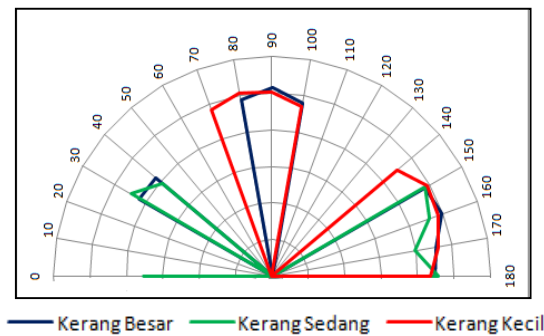
Gambar L7.2 Grafik pola hamburan pada difuser dengan kerang berukuran sedang



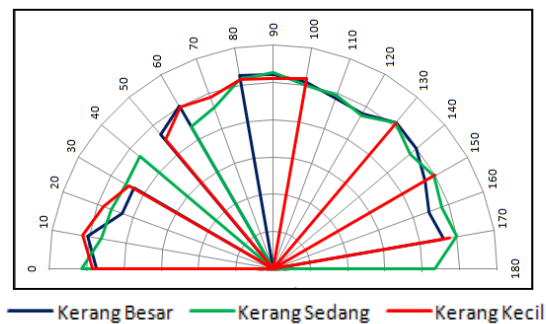
Gambar L7.3 Grafik pola hamburan pada difuser dengan kerang berukuran kecil



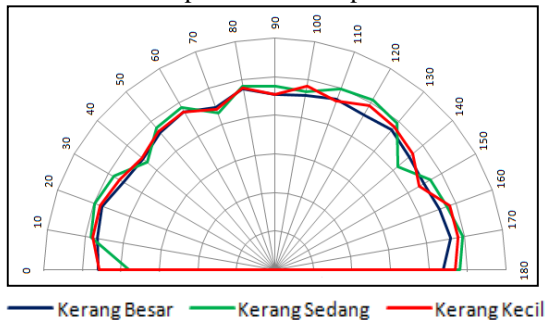
Gambar L7.4 Grafik pola hamburan pada frekuensi 125Hz



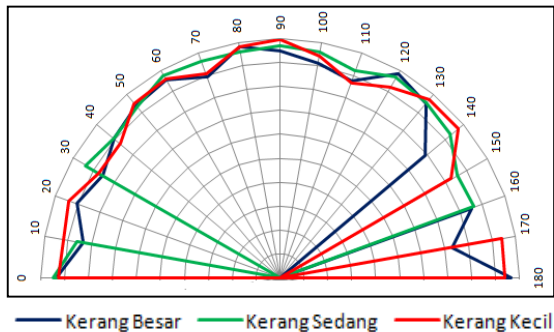
Gambar L7.5 Grafik pola hamburan pada frekuensi 250Hz



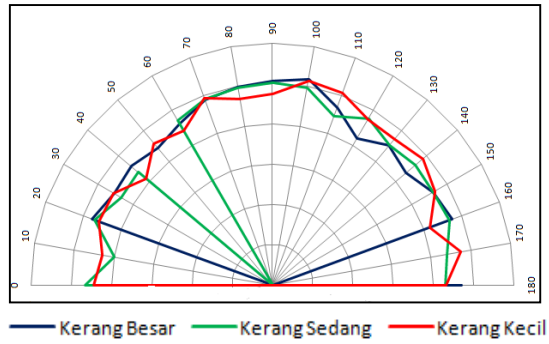
Gambar L7.6 Grafik pola hamburan pada frekuensi 500Hz



Gambar L7.7 Grafik pola hamburan pada frekuensi 1000Hz



Gambar L7.8 Grafik pola hamburan pada frekuensi 2000Hz



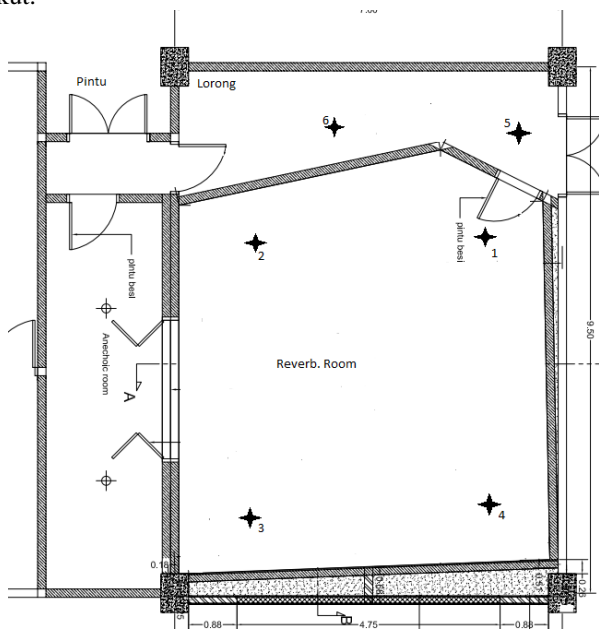
Gambar L7.9 Grafik pola hamburan pada frekuensi 4000Hz

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 5

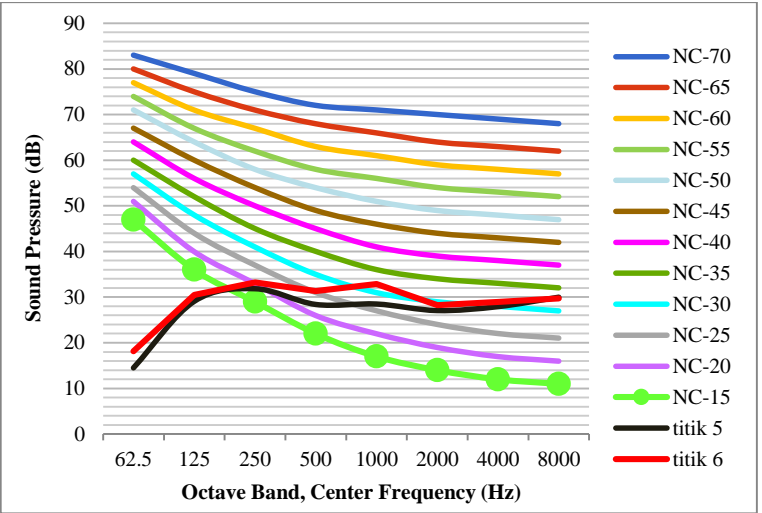
DATA NOISE CRITERIA (NC) PADA REVERBERATION ROOM

Noise Criteria (NC) adalah pengukuran tingkat kebisingan latar tanpa adanya sumber *noise* yang menonjol. Rekomendasi nilai NC berbeda-beda untuk setiap wilayah bergantung pada kondisi lingkungannya. Berikut ini akan ditampilkan grafik pengukuran NC pada titik-titik pengukuran seperti yang tergambar pada Gambar L6.1 berikut.

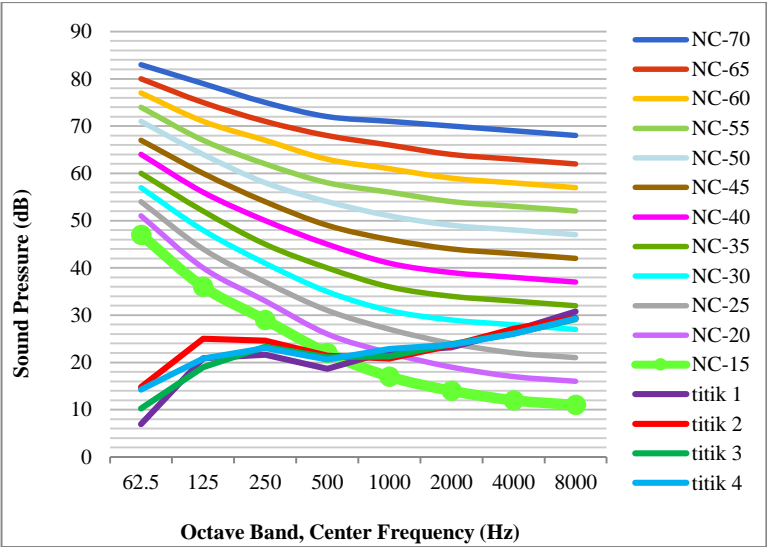


Gambar L5.1 Denah pengambilan data *noise criteria*

Pada bagian dalam *reverberation room* diperoleh NC sebesar 32 pada titik 2, 3, dan 4. Sedangkan pada titik 1 diperoleh NC sebesar 34. Secara tidak langsung data ini memberikan informasi bahwa adanya kebocoran pada pintu *reverberation room*. Grafik pengukuran NC dapat dilihat pada Gambar L6.2 dan L6.3 berikut.



Gambar L5.2 Grafik *noise criteria* pada lorong/control room

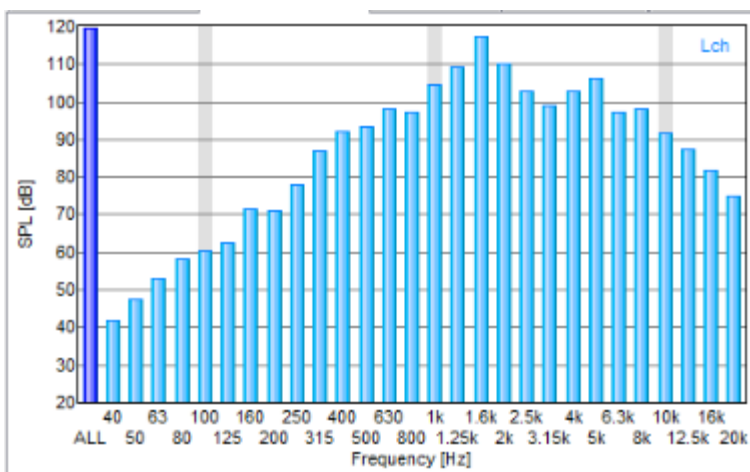


Gambar L5.3 Grafik *noise criteria* pada reverberation room

LAMPIRAN 6

KARAKTERISTIK SPEAKER YANG DIGUNAKAN PADA PENGUKURAN KOEFISIEN *SCATTERING* DAN POLA HAMBURAN

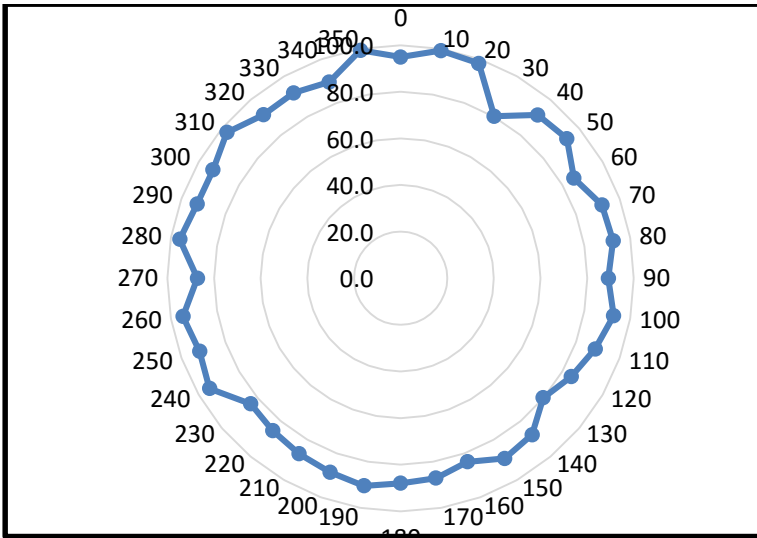
Pada penelitian ini, ada dua macam *speaker* yang digunakan. Pada pengukuran koefisien *scattering* digunakan *horn speaker* merk ToA ZH-625S. *Speaker* yang direkomendasikan metode ISO-17497-1 yaitu *speaker* yang mampu menghasilkan bunyi dengan tekanan yang sama pada semua frekuensi. Gambar L6.1 berikut merupakan cuplikan tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan oleh *speaker* dengan menggunakan bunyi *white noise*.



Gambar L6.1 *Octave band* oleh *speaker* Toa ZH-625S

Pada Gambar L6.1 diatas dapat dilihat bahwa *speaker* Toa ZH-625S tidak memiliki kemampuan untuk mengeluarkan bunyi dengan tingkat tekanan yang sama pada semua frekuensi. Pada Gambar L6.1 diketahui bahwa *speaker* menghasilkan bunyi paling besar pada frekuensi tinggi.

Pada pengukuran pola hamburan, *speaker* yang digunakan yaitu *speaker* omnidirectional, yang memiliki keterarahan 360°. Berikut ini ditampilkan pola keterarahan *speaker* pada Gambar L6.2.



Gambar L6.2 Pola persebaran speaker yang digunakan pada pengukuran pola hamburan difuser

BIODATA PENULIS



Penulis bernama “Dita Aulia Alfianti” yang lebih akrab dipanggil “Aul” merupakan anak bungsu dari tiga bersaudara yang lahir di Surabaya, 14 Juni 1994. Penulis telah menempuh pendidikan yaitu Taman Kanak-kanak (TK) Dirgahayu III Jagir Surabaya pada tahun 1998-2000, Sekolah Dasar Negeri (SDN) Semolowaru II-262 Surabaya pada tahun 2000-2006, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 6 Surabaya pada tahun 2006-2009, Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 17 Surabaya pada tahun 2009-2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan S1(Strata-1) di jurusan Fisika FMIPA ITS melalui jalur SNMPTN Tulis pada tahun 2012. Selama menjalani jenjang S1, penulis juga ikut serta dalam kegiatan organisasi intra kampus antara lain menjabat sebagai staff Departemen Komunikasi dan Informasi (Kominfo) Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMASIKA) ITS periode 2013-2014, sebagai Manager divisi tari tradisional Unit Kegiatan Tari dan Karawitan ITS periode 2013-2014, sebagai Staff Ahli Tim Kreatif GEMPA BEM FMIPA ITS periode 2014-2015, serta sebagai Sekretaris 1 Unit Kegiatan Tari dan Karawitan ITS periode 2014-2015. Selain aktif di organisasi, penulis juga menjadi Asisten Fisika Laboratorium (2015). Jika ingin berdiskusi mengenai tugas akhir ini dapat menghubungi penulis di (auriarufidita@gmail.com).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”